COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 19 MARS 1877.

PRÉSIDENCE DE M. PELIGOT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉTÉOROLOGIE. — *Observations de température faites au Muséum d'Histoire naturelle, pendant l'année* 1876, *avec des thermomètres électriques placés à des profondeurs de* 1 *mètre à* 36 *mètres sous le sol, ainsi que dans l'air et sous des sols gazonnés et dénudés;* par MM. Becquerel et Edm. Becquerel. (Extrait.)

« Nous avons l'honneur de présenter à l'Académie les tableaux météorologiques contenant les résultats des observations de température faites au Muséum, depuis le 1er décembre 1875 jusqu'au 1er décembre 1876, dans l'air, à une certaine hauteur au-dessus du sol, puis en terre, à des profondeurs variant de 1 mètre à 36 mètres, et enfin à la partie supérieure du sol, suivant qu'il est dénudé ou couvert de végétaux. Les observations sont faites depuis 1863, comme on le sait, à l'aide d'une série d'appareils thermo-électriques permettant de suivre les changements de température loin du lieu d'observation, suivant la méthode donnée par l'un de nous [1] et décrite antérieurement d'une manière suffisante.

[1] Voir, pour la méthode de M. Becquerel, les *Mémoires de l'Académie des Sciences*, t. XXXII, XXXVIII et XL, ainsi que les *Comptes rendus*, t. LXXXII, p. 587 et 700.

» Les tableaux relatifs aux observations de températures dans l'air, au nord, à $10^m,7$ au-dessus du sol du Muséum, et au haut d'un mât, à 10 mètres au-dessus du premier, n'offrent rien de particulier sur ce qui a été observé dans les années antérieures; les moyennes déduites des observations à 10 mètres et à 20 mètres au-dessus du sol ont été à peu près les mêmes. Nous rapporterons seulement ici les moyennes annuelles en y joignant celles de l'année 1875; car, dans le résumé de l'année dernière, il a été fait une légère erreur que nous rectifions ici :

Température moyenne annuelle.

	1875.				1876.			
	Thermo-métrographe.	Therm. à maxima et à min.	Au haut du mât.	Au nord.	Thermo-métrographe.	Therm. à maxima et à min.	Au haut du mât.	Au nord.
	°	°			°	°		
Moy. déduite des max. et min.	11,00	11,03	°	°	11,03	10,96	°	°
Temp. à 6 heures du matin...	»	»	8,24	8,43	»	»	8,59	8,50
» à 9 » ...	»	»	10,97	10,91	»	»	11,17	11,14
» à 3 heures du soir....	»	»	14,16	14,16	»	»	14,05	14,12
Moy. des 3 valeurs précéd ...	»	»	11,12	11,17	»	»	11,27	11,25

» On voit, d'après ces résultats, que les moyennes annuelles peuvent se déduire aussi bien des observations au haut du mât que de celles faites au nord.

» Les circuits thermo-électriques donnent les températures de chaque jour à 1 mètre de profondeur, et mensuelles à partir de 6 mètres. Les tableaux contenus dans ce Mémoire renferment les résultats tels que se font les lectures du thermomètre. Dans le résumé suivant, on les corrige de la variation du zéro. On a alors :

Profondeur.	Différence entre le maximum et le minimum de l'année.	Année 1876.				Moyenne annuelle.		
		Hiver. (Déc., janv., fév.)	Printemps. (Mars, avril, mai.)	Été. (Juin, juill., août.)	Automne. (Sept., oct., nov.)	1875.	1876.	Moyennes de 11 années. 1861 à 1876.
m	°	°	°	°	°	°	°	°
1 ...	13,55	7,16	7,59	13,81	14,11	10,70	10,67	11,25
6 ...	2,40	12,56	11,10	12,43	12,88	11,88	11,99	11,94
11 ...	0,40	12,15	11,92	12,12	12,15	11,93	12,18	11,98
16 ...	0,35	12,14	12,18	12,37	12,20	12,11	12,22	12,03
21 ...	0,30	12,07	12,19	12,27	12,21	12,14	12,18	12,09
26 ...	0,80	12,28	12,43	12,79	12,46	12,44	12,41	12,37
31 ...	0,05	12,40	12,40	12,42	12,41	12,35	12,41	12,32
36 ...	0,10	12,50	12,50	12,50	12,58	12,47	12,52	12,43

» On reconnaît, comme les années précédentes, que l'augmentation de

température avec la profondeur n'est modifiée qu'à 16 mètres et à 26 mètres; là se trouvent les deux nappes d'eau souterraines qui se dirigent vers la Seine et donnent à ces profondeurs des températures qui suivent à peu près les variations des températures de l'air; tandis qu'en deçà et au delà la température des couches n'est modifiée que suivant les lois de la propagation de la chaleur dans la terre.

» Du reste, les courbes tracées dans le Mémoire, en prenant pour abscisses les profondeurs et pour ordonnées les maxima et minima de température, montrent bien l'influence de l'infiltration des eaux, et ainsi que l'indique la deuxième colonne du tableau précédent.

» La quantité de pluie tombée pendant le printemps de 1876, qui a été plus grande qu'en 1875, explique comment la différence entre les températures maxima et minima, à ces deux profondeurs de 16 mètres et de 26 mètres, est plus grande que l'année précédente. On a, en effet :

Différence entre la température maximum et la température minimum de l'année.

	1875.	1876.
A 16 mètres de profondeur.......	0°,30	0°,35
A 26 mètres....................	0°,50	0°,80

» On voit en outre que, d'après les moyennes annuelles des onze années, entre 1 mètre et 36 mètres, la différence de 1°,17 indique un accroissement avec la profondeur de 1 degré pour 30 mètres.

» La légère variation de température à 36 mètres, qui n'avait pas été observée antérieurement, tient peut-être à une cause accidentelle temporaire, ou à une infiltration d'eau le long du câble ou dans le sol, qui s'est produite dans les deux derniers mois. Les variations observées à différentes reprises à cette profondeur peuvent tenir à une action de ce genre; en effet, actuellement, la température est redevenue constante et égale à 12°,50 comme au commencement de l'année.

» On peut reconnaître également la régularité de transmission du flux calorifique dans le sol du Muséum; dans l'air, à la surface du sol, malgré les froids qui ont signalé les commencements de janvier et de février 1876, le minimum a eu lieu en moyenne au milieu de janvier, et le maximum vers le 15 juillet; à 1 mètre de profondeur, le minimum a eu lieu le 21 février et le maximum les 26 et 27 août, avec un retard d'un mois environ pour cette épaisseur de terrain; à la profondeur de 6 mètres, le retard a été 4 fois plus grand pour le maximum comme pour le minimum, puisque celui-ci s'est produit le 12 mai et le maximum le 29 novembre, en retard

de quatre mois sur les effets produits à la surface; s'il n'y avait aucune cause perturbatrice telle que la présence de la nappe aquifère, on sait que la profondeur où les maxima et les minima seraient opposés à ceux de la surface ou en retard de six mois serait 8 à 10 mètres environ.

» Le Mémoire renferme ensuite les résultats des observations faites sous des sols dénudés et gazonnés à des profondeurs variant de $0^m,05$ à $0^m,60$ le matin et le soir; on en déduit, pour les différents mois, les moyennes transcrites dans le tableau annexé à cet extrait; les nombres sont corrigés de la variation du zéro thermométrique.

» On a tracé également les courbes qui donnent la marche de la température sous les deux sols à ces différentes profondeurs, en prenant pour abscisses les profondeurs, et pour ordonnées les températures sous les deux sols, à 6 heures du matin, à 3 heures du soir et avec la moyenne de chaque mois.

» Ces résultats indiquent que la marche générale de la température s'est effectuée à peu près de la même manière dans les différents mois que l'année précédente; aussi les conclusions générales que l'on peut en déduire sont-elles analogues. C'est ainsi que l'on reconnaît qu'à 5 centimètres sous le sol, la moyenne de chaque mois, sauf en février, est toujours plus élevée à 6 heures du matin sous le sol gazonné que sous le sol dénudé; la différence a été de plus de 3 degrés en novembre et est devenue nulle en février; mais, en moyenne annuelle, elle a été de $1°,75$ en faveur du sol gazonné.

» A 3 heures, de février en octobre, c'est-à-dire au printemps et en été, c'est l'inverse qui a lieu et l'action solaire sur le sol sablonneux donne à celui-ci un excès de température, variant de 1 degré à $4°,32$, sur la température observée sous le sol gazonné; d'octobre à février, le refroidissement du sol dénudé est plus grand et la température est plus basse de 1 degré à $1°,5$ que celle du sol gazonné. En moyenne diurne annuelle, ces excès de température se compensent à peu près, et à cette profondeur de 5 centimètres la moyenne des deux sols est sensiblement la même et peu différente de la moyenne de la température de l'air au nord; cependant, en 1876, le sol gazonné sous ce rapport a été de $0°,1$ en excès sur l'autre.

» A la profondeur de $0^m,10$, on a obtenu des effets analogues, si ce n'est que les différences de température entre les deux sols sont moindres.

» A partir de $0^m,20$, comme à $0^m,30$ et $0^m,60$, au printemps et en été, la température moyenne devient plus basse sous le sol gazonné que sous le sol dénudé, mais dans les autres mois elle est plus élevée, et la moyenne

		TEMPÉRATURE MOYENNE MENSUELLE à 6 heures du matin.					TEMPÉRATURE MOYENNE MENSUELLE à 3 heures du soir.					TEMPÉRATURE MOYENNE mensuelle.				
		0m,05.	0m,10.	0m,20.	0m,30.	0m,60.	0m,05.	0m,10.	0m,20.	0m,30.	0m,60.	0m,05.	0m,10.	0m,20.	0m,30.	0m,60.
		o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Décembre 1875.	Sol gazonné........	2,75	3,06	3,44	3,76	4,93	2,99	3,13	3,43	3,77	4,81	2,87	3,09	3,44	3,77	4,87
	Sol dénudé........	1,32	1,60	1,83	2,24	3,52	1,98	1,90	1,92	2,26	3,41	1,60	2,75	1,87	2,25	3,47
	Différence.......	1,43	1,46	1,61	1,52	1,41	1,01	1,23	1,51	1,51	1,40	1,27	0,34	1,57	1,52	1,40
Janvier 1876.	Sol gazonné........	1,03	1,37	1,88	2,25	3,36	1,08	1,37	1,81	2,24	3,34	1,06	1,37	1,85	2,25	3,35
	Sol dénudé........	-0,33	0,07	0,55	0,96	2,47	0,13	0,23	0,48	0,92	2,40	-0,10	0,15	0,55	0,94	2,44
	Différence.......	1,36	1,30	1,33	1,29	0,89	0,95	1,14	1,33	1,32	0,94	1,16	1,22	1,30	1,31	0,91
Février 1876.	Sol gazonné........	2,50	2,51	2,47	2,43	2,61	2,89	2,67	2,49	2,49	2,67	2,70	2,59	2,48	2,46	2,64
	Sol dénudé........	2,50	2,39	2,60	2,65	2,85	3,86	3,29	2,77	2,68	2,91	2,68	2,81	2,69	2,67	2,88
	Différence... ...	0,00	0,12	-0,13	-0,22	-0,24	-0,97	-0,62	-0,28	-0,19	-0,24	0,02	-0,25	-0,21	-0,21	-0,24
Mars 1876.	Sol gazonné........	6,02	6,25	6,33	6,36	6,28	6,87	6,56	6,25	6,36	6,34	6,43	6,41	6,29	6,36	6,31
	Sol dénudé........	5,02	5,46	6,16	6,40	6,45	8,77	7,66	6,46	6,18	6,43	6,90	6,56	6,31	6,29	6,44
	Différence..........	1,00	0,79	0,17	-0,04	-0,17	-1,90	-1,10	-0,21	0,18	-0,09	-0,47	-0,15	-0,02	0,07	-0,13
Avril 1876.	Sol gazonné........	9,06	9,32	9,34	9,16	8,64	10,43	9,82	9,28	9,10	8,69	9,75	9,57	9,31	9,13	8,67
	Sol dénudé........	7,64	8,49	9,46	9,77	9,16	14,04	12,44	10,30	9,60	9,20	10,84	10,47	9,88	9,69	9,18
	Différence.......	1,42	0,83	-0,12	-0,61	-0,52	-3,61	-2,62	-1,02	-0,50	-0,51	-1,09	-0,90	-0,57	-0,56	-0,51
Mai 1876.	Sol gazonné........	11,97	12,36	12,50	12,31	11,52	14,41	13,28	12,38	12,10	11,54	13,19	12,82	12,44	12,21	11,53
	Sol dénudé........	9,42	10,64	12,01	12,56	11,85	17,89	15,89	13,34	12,38	11,85	13,66	13,27	12,68	12,47	11,85
	Différence.......	2,55	1,72	0,49	-0,25	-0,33	-3,48	-2,61	-0,96	-0,28	-0,31	-0,47	-0,45	-0,24	-0,26	-0,32
Juin 1876.	Sol gazonné........	17,00	17,37	17,42	17,00	15,59	19,65	18,38	17,26	16,75	15,66	18,33	17,88	17,34	16,88	15,63
	Sol dénudé........	15,32	16,33	17,51	17,80	16,45	23,39	21,24	18,62	17,55	16,44	19,36	18,79	18,07	17,68	16,45
	Différence.......	1,68	1,04	-0,09	-0,80	-0,86	-3,74	-2,86	-1,36	-0,80	-0,78	-1,03	-0,91	-0,73	-0,80	-0,82
Juillet 1876.	Sol gazonné........	20,38	20,99	21,23	20,97	19,68	24,19	22,54	21,12	20,67	19,70	22,28	23,53	21,18	20,82	19,69
	Sol dénudé........	19,00	20,23	21,60	22,09	20,69	28,51	25,93	22,98	21,79	20,62	23,76	23,08	22,29	21,94	20,66
	Différence.......	1,38	0,76	-0,37	-1,12	-1,01	-4,32	-3,39	-1,86	-1,12	-0,92	-1,48	0,45	-1,11	-1,12	-0,97
Août 1876.	Sol gazonné........	19,66	20,29	20,72	20,81	20,45	22,33	21,32	20,60	20,56	20,35	20,89	20,81	20,66	20,69	20,40
	Sol dénudé........	17,72	18,96	20,55	21,22	20,81	25,82	23,72	21,47	20,82	20,69	21,77	21,34	21,01	21,02	20,75
	Différence.......	1,94	1,33	0,17	-0,41	-0,46	-3,49	-2,40	-0,87	-0,26	-0,34	-0,88	-0,53	-0,35	-0,33	-0,35
Septembre 1876.	Sol gazonné........	15,15	15,64	16,42	16,32	16,81	16,41	16,17	16,08	16,27	16,83	15,78	15,91	16,25	16,30	16,82
	Sol dénudé........	12,73	13,57	14,62	15,16	15,74	17,64	16,59	15,34	15,08	15,80	15,19	15,08	14,98	15,12	15,77
	Différence.......	2,42	2,07	1,80	1,16	1,07	-1,23	-0,42	0,74	1,19	0,03	0,59	0,83	1,27	1,18	1,05
Octobre 1876.	Sol gazonné........	13,89	14,15	14,53	14,73	15,14	14,38	14,36	14,49	14,66	15,11	14,14	14,26	14,51	14,70	15,13
	Sol dénudé........	11,20	11,84	12,61	13,21	13,95	13,78	13,31	12,98	13,02	13,93	12,49	12,58	12,80	13,12	13,94
	Différence.......	2,69	2,31	1,92	1,52	1,19	0,60	1,05	1,51	1,64	1,18	1,65	1,68	1,71	1,58	1,19
Novembre 1876.	Sol gazonné........	8,26	8,54	9,02	9,32	10,19	8,55	8,65	8,93	9,38	10,30	8,41	8,60	8,98	9,35	10,25
	Sol dénudé........	5,04	5,63	6,45	7,08	8,42	7,06	6,80	6,64	6,99	8,42	6,05	5,72	6,55	7,04	8,42
	Différence.......	3,22	2,91	2,57	2,21	1,77	1,49	1,85	2,29	2,39	1,88	2,36	2,88	2,43	2,31	1,83
ANNÉE (moyenne).	Sol gazonné........	10,64	10,73	11,27	11,28	11,26	12,01	11,52	11,18	11,21	11,28	11,33	11,13	11,23	11,25	11,27
	Sol dénudé........	8,89	9,60	10,49	10,93	11,03	13,57	12,41	11,08	10,77	11,01	11,23	11,01	10,79	10,85	11,02
	Différence.......	1,75	1,13	0,78	0,35	0,23	-1,56	-0,89	0,10	0,44	0,27	0,10	0,12	0,44	0,40	0,25

est plus élevée. Du reste, on peut reconnaître que les changements diurnes sous les deux sols se font sentir assez vivement jusqu'à $0^m,20$ et qu'à partir de cette profondeur ils diminuent rapidement; mais néanmoins l'avantage reste toujours au sol gazonné, qui a donné des moyennes annuelles un peu plus élevées de $0^\circ,10$ à $0^m,05$ de profondeur et de $0^\circ,25$ à $0^m,60$.

» Ces résultats montrent, de même que les observations des années précédentes, que la température, en moyenne, a été un peu plus élevée sous le sol gazonné que sous le sol dénudé, et, en outre, que sous le premier sol la température n'est pas descendue au-dessous de zéro. Dans les Mémoires des années précédentes, nous avons déjà appelé l'attention sur ce fait important, qui permet de se rendre compte de la conservation des corps organisés pendant les gelées, sous des sols gazonnés. »

M. le général **Morin** présente les observations suivantes :

« Je crois devoir rappeler qu'il y a quelques années j'ai communiqué à l'Académie des résultats d'observations beaucoup moins complètes et précises que celles de M. Edmond Becquerel, mais qui, m'ayant conduit à reconnaître qu'à la profondeur de 10 à 12 mètres seulement on trouve dans les puits une température à très-peu près constante de 11 degrés, m'avaient permis de baser sur ce résultat l'indication d'un procédé simple pour obtenir dans une enceinte donnée une température voisine de 12 à 13 degrés et à peu près invariable.

» Il suffirait, en effet, par une aspiration régulière et constante, déterminée par la circulation de l'eau dans des tuyaux convenablement proportionnés et disposés, de produire l'introduction régulière de l'air, pris dans un puits ou dans des galeries souterraines, de manière à obtenir simultanément l'introduction et l'évacuation d'un volume d'air constant à des températures qui resteraient les mêmes.

» Un dispositif de ce genre, qui pourrait être utilement employé pour des locaux dans lesquels on devrait maintenir des appareils scientifiques à une température à peu près invariable, pourrait aussi servir à la conservation des substances alimentaires. »

CHIMIE. — *Sur la décomposition du bioxyde de baryum dans le vide, à la température du rouge sombre;* par M. **Boussingault.** (Extrait.)

« Il y a une vingtaine d'années, je m'étais proposé ce problème : *Extraire, pour les besoins des arts et en quantité considérable, le gaz oxygène de l'atmosphère.* Je rappelais alors qu'il était assez singulier qu'on n'eût pas encore un moyen de séparer industriellement ce gaz mélangé à l'azote, et j'ajoutais que peut-être, la seule fois où l'on vit une substance saisir, concréter l'oxygène de l'air pour le restituer ensuite à l'état gazeux, ce fut dans cette mémorable expérience par laquelle Lavoisier isola les deux éléments constitutifs de l'atmosphère en chauffant pendant plusieurs jours du mercure dans un volume d'air confiné. Lavoisier obtint ainsi quelques particules d'un précipité rouge, d'où il retira l'oxygène. Par la lenteur de l'opération, par l'exiguïté du produit, ce procédé restait en dehors du programme que je m'étais tracé.

» Parmi le nombre, d'ailleurs fort restreint, des corps dont je pouvais disposer pour arriver au but que je me proposais d'atteindre, je choisis la baryte, à cause de la propriété dont elle est douée, découverte par Thenard, de fixer l'oxygène à une basse température pour le laisser échapper quand on porte le bioxyde à un degré de chaleur suffisamment intense.

» Je n'ai pas à reproduire la description des appareils institués au Conservatoire des Arts et Métiers, où si j'ai pu continuer à les faire fonctionner, bien que je cessasse d'appartenir à cet établissement, ayant été envoyé au Conseil d'État par l'Assemblée constituante, ce fut parce que M. Dumas, alors Ministre de l'Agriculture et du Commerce, prit sur lui de me laisser la jouissance de mon laboratoire, ce qui ne se fit pas sans difficulté.

» Je me bornerai à rappeler en peu de mots le principe du système adopté après que j'eus trouvé que la suroxydation de la baryte avait lieu dans l'air atmosphérique comme dans le gaz oxygène.

» L'air passait sur de la baryte contenue dans des tubes maintenus au rouge naissant; l'oxydation achevée, on interceptait le courant, et l'on portait les tubes à une forte incandescence pour décomposer le bioxyde, dont l'oxygène, au moyen d'une certaine disposition, se rendait dans un gazomètre. La température étant abaissée, on rendait l'air, et le bioxyde reconstitué était décomposé. Par une suite d'oxydations et de désoxydations consécutives, on se procurait, avec un appareil en permanence ayant quelques kilogrammes de baryte répartis en plusieurs tubes, de grandes quantités de gaz oxygène presque pur. Mais, après avoir fait fonctionner la même

baryte durant un certain temps, il surgit une difficulté grave dont je n'ai trouvé la cause qu'après des recherches multipliées, dans lesquelles je fus assisté avec le plus grand zèle par mon préparateur, M. Houzeau.

» On reconnut que, par suite des opérations qu'elle subissait, la baryte perdait l'énergie de son pouvoir absorbant pour l'oxygène. Après s'être assuré que cet amoindrissement d'activité ne pouvait être attribué ni à des impuretés, ni à la vapeur aqueuse ou à l'acide carbonique que l'air appelé pour l'oxydation aurait pu retenir, on alla jusqu'à se demander si cet affaiblissement dans la faculté absorbante de la baryte n'aurait pas pour origine une action particulière de l'azote de l'air. Alors, sans rien changer aux dispositifs des appareils, on substitua un courant de gaz oxygène pur au courant d'air atmosphérique. Le résultat fut exactement le même : la faculté d'absorption diminua rapidement. Une expérience décisive montra bientôt que cette diminution était la conséquence d'une modification survenue dans l'état moléculaire de la baryte.

» On prépara cette terre en décomposant le nitrate dans un creuset de platine enfermé dans un creuset de terre que l'on porta à une température bien supérieure à celle qui eût été nécessaire pour décomposer le sel. La baryte ainsi obtenue était très-dense et ne s'hydratait que difficilement. En cet état, elle n'absorbait plus l'oxygène qu'avec une extrême lenteur. Cette résistance à l'oxydation, je n'hésitai pas à en voir la cause dans la contraction que la baryte éprouve par l'effet d'une chaleur intense et prolongée.

» Une fois cela admis, on fut conduit à chercher un moyen de décomposer le bioxyde de baryum à une température assez peu élevée pour que la baryte résultant de la décomposition conservât toute son aptitude à une nouvelle réoxydation.

» La première idée qui se présenta fut de faire intervenir la vapeur aqueuse. Dans un tube chargé de bioxyde préparé avec l'air atmosphérique, on injecta un courant de vapeur. En quelques instants on vit passer dans le gazomètre une centaine de litres de gaz oxygène, sans qu'on eût augmenté la température à laquelle avait eu lieu l'oxydation, le rouge obscur. Un jeune chimiste du plus grand mérite, et qui, aujourd'hui, siégerait parmi nous, si une mort prématurée ne l'eût enlevé à la Science, Ebelmen assistait à l'opération ; il croyait toute difficulté levée. Je ne partageai pas cette illusion. La vapeur décompose, il est vrai, le bioxyde, même bien au-dessous du rouge, mais c'est en donnant naissance à un hydrate sur lequel l'oxygène n'exerce plus d'action. Telle est, au reste, l'avidité de cette base pour l'eau, qu'il est impossible de dessécher son bioxyde

hydraté sous le récipient de la machine pneumatique, sans qu'il y ait un commencement de décomposition ([1]).

» J'interrompis mes recherches, détourné que je fus par d'autres occupations, et aussi par cette considération qu'il n'y avait plus le même intérêt à se procurer de l'oxygène à bon marché, depuis qu'avec les fours à gaz de Siemens on produisait des températures telles que la préoccupation du métallurgiste n'était plus d'en augmenter l'intensité, mais de trouver des matières terreuses assez réfractaires pour les supporter sans être fondues. La chaux seule était alors jugée apte à réaliser cette condition ; toutefois, à cause de sa faible cohésion, on ne pouvait en faire des creusets qu'on devait manœuvrer à un feu violent quand ils étaient chargés de 20 à 30 kilogrammes de métal en fusion ; elle convenait surtout pour les soles immobiles des foyers. C'est ce que comprirent MM. Henri Sainte-Claire Deville et Debray en établissant un four à réverbère en chaux, et c'est en employant pour combustible le gaz de la houille, comme comburant le gaz oxygène, qu'ils créèrent la nouvelle métallurgie du platine sortie des laboratoires de l'École Normale.

» J'ajouterai que, pour les besoins de cette industrie et de quelques autres, bien limitées, si on laisse en dehors celle du fer et de l'acier, on retire avec avantage l'oxygène des oxydes de manganèse, des chlorates, des manganates et, ainsi que l'a pratiqué récemment M. Henri Sainte-Claire Deville, de l'acide sulfurique.

» Néanmoins, on abandonne rarement une idée dont on a été fortement préoccupé ; aussi ai-je cru devoir revenir, en me plaçant à un point de vue purement scientifique, sur l'étude du procédé d'extraction de l'oxygène de l'atmosphère, à l'occasion des travaux si remarquables de MM. Henri Sainte-Claire Deville et Debray sur la dissociation, parce que j'entrevoyais dans ce phénomène la possibilité, je pourrais dire la certitude d'effectuer la décomposition du bioxyde de baryum à un degré de chaleur assez faible pour que la baryte résidue conservât pleine et entière la faculté d'absorber l'oxygène qu'elle perd en partie à une température élevée.

» La première tentative que je fis, dans l'espoir d'atteindre ce but, consistait, je l'ai dit, à faire intervenir la vapeur d'eau ; cet essai m'avait été suggéré par les observations de Gay-Lussac sur la décomposition du carbonate de chaux. Je ne saurais mieux faire, au reste, que de reproduire textuellement la description de l'expérience fondamentale de l'illustre chimiste.

([1]) Berzélius, *Traité de Chimie*, t. II, p. 128, traduction.

« Du marbre en fragments fut chauffé dans un tube de porcelaine, jusqu'au point où la décomposition commençait. Ayant laissé tomber la température au rouge sombre, l'acide carbonique cessa de se montrer. A ce moment on fit passer dans le tube de la vapeur aqueuse : l'acide carbonique reparut aussitôt en abondance. L'arrivée de la vapeur ayant été interceptée, le dégagement du gaz acide carbonique s'arrêta immédiatement. Il semble donc démontré que la vapeur d'eau favorise réellement la décomposition du carbonate de chaux par la chaleur, puisque, par son concours, cette décomposition a lieu à une température inférieure à celle qui est ordinairement nécessaire.

» Gay-Lussac ajoute :

« L'action de l'eau paraît ici purement mécanique. Quand le carbonate de chaux exposé à la chaleur est arrivé au point où commence sa décomposition, il se forme autour de lui une atmosphère d'acide carbonique libre, qui presse sur l'acide carbonique restant en combinaison, en sorte que celui-ci, pour se dégager, doit vaincre la pression exercée par cette atmosphère. Or cela ne saurait avoir lieu qu'en élevant davantage la température, ou bien en entraînant l'acide carbonique à mesure qu'il apparaît, en faisant le vide, ou bien encore en le déplaçant, soit par la vapeur d'eau, soit par tout autre fluide élastique, tel que l'air atmosphérique. »

» On est arrivé, en effet, aux mêmes résultats en remplaçant le courant de vapeur par un courant d'air.

» Gay-Lussac termine par cette réflexion :

« Que la décomposition du carbonate de chaux rendue plus facile par l'accès de la vapeur et plus nettement encore par l'action du vide ne doit pas être un fait isolé, et qu'on peut établir en principe que, si dans une décomposition opérée par la chaleur, ou par un agent chimique, il y a production de un ou de plusieurs éléments gazeux, on favorisera cette décomposition en plaçant le corps à décomposer dans le vide, ou en empêchant les fluides élastiques qui se dégagent d'exercer une pression sur ce corps. »

» Dans cette interprétation, on voit évidemment poindre le phénomène de la dissociation, tel que le comprend M. Henri Sainte-Claire Deville, et les intéressantes observations de M. Debray sur les tensions de dissociation du spath calcaire à diverses températures rendent compte de faits constatés par Gay-Lussac.

» Je ne crois pas devoir insister davantage sur ces belles recherches; je me suis borné à en dégager cette conséquence que, dans le vide, il devait arriver que le bioxyde de baryum serait dissocié en baryte fixe et en oxygène gazeux, à une température notablement inférieure à celle qui est nécessaire pour séparer ces deux éléments à la pression ordinaire de l'atmosphère. C'est ce qui ressort clairement des expériences dont je vais présenter les résultats généraux.

» I. On a rempli un tube de verre de Bohême avec des fragments de

bioxyde de baryum; on a fait le vide au moyen de la trompe à mercure de Sprengel, puis on a chauffé au rouge sombre. En continuant à faire fonctionner la trompe, on a retiré près de 2 litres d'oxygène, le volume de gaz que devait fournir le bioxyde employé.

» II. Du bioxyde de baryum étant placé dans un tube, on a maintenu la température au rouge sombre pendant deux heures; il n'est apparu que quelques bulles de gaz dues à la dilatation de l'air resté dans l'appareil. En faisant agir la trompe à mercure, l'oxygène s'est dégagé, et, en le mesurant, on a pu se convaincre que la totalité du bioxyde avait été décomposée.

» III. Dans une autre expérience, le tube renfermant le bioxyde fut porté au rouge-cerise faible; il n'y eut aucune émission de gaz. On fit le vide, et aussitôt l'oxygène se dégagea beaucoup plus rapidement qu'au rouge sombre.

» IV. Un tube contenant du bioxyde fut chauffé au rouge sombre; en appliquant le vide, on détermina un courant d'oxygène, puis on laissa tomber le feu. Par l'effet du refroidissement, l'oxygène dégagé fut promptement absorbé par la baryte devenue libre, pour reconstituer du bioxyde. Le vide fut rétabli dans l'appareil par suite de cette absorption. En faisant varier la température du tube, on déterminait ainsi, alternativement, l'émission et la réabsorption du gaz oxygène. C'est là, on le remarquera, un fait analogue à celui observé par M. Debray dans son expérience sur la dissociation du carbonate de chaux.

» Toujours après la dissociation, accomplie entre le rouge sombre et le rouge-cerise, la baryte recouvre toutes ses propriétés, entre autres celle d'absorber énergiquement l'oxygène.

» Avec la trompe à mercure de Sprengel, on recueille le gaz oxygène dégagé; toutefois l'opération est assez longue et fort assujettissante. Pour agir sur de notables quantités de matière, il est préférable de se servir de la trompe à eau d'Alvergniat, à l'aide de laquelle on obtient un vide suffisant. Celle dont je disposais n'ayant pas de chambre à gaz, j'ai dû doser l'oxygène dégagé en pesant le bioxyde avant et après sa décomposition. A cet effet on mettait le bioxyde dans une longue nacelle en platine introduite dans un tube en porcelaine, maintenu, pendant le vide, au rouge sombre. La perte en poids a constamment répondu à celle devant résulter de la dissociation.

» Je n'ai pas à préciser ici le degré de chaleur auquel commence à se manifester cette dissociation du bioxyde de baryum, ma Communication

ayant uniquement pour objet de faire connaître ce fait intéressant, peut-être susceptible d'application, que, à une même température, sous la pression atmosphérique, la baryte condense le gaz oxygène qui se sépare aussitôt que le bioxyde formé est soumis à l'action du vide. En d'autres termes, le bioxyde de baryum ne peut pas exister dans le vide, au rouge sombre. »

GÉOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Actions physiques et mécaniques exercées par les gaz incandescents et fortement comprimés, lors de la combustion de la poudre. Application de ces faits à certains caractères des météorites et des bolides* (seconde Partie); par M. **Daubrée** (¹).

« Quand des bolides pénètrent dans l'atmosphère de notre globe, ils sont animés d'une vitesse énorme, de l'ordre de celle des planètes dans leurs orbites, que l'on a souvent évaluée à 20 ou 30 kilomètres par seconde ; ils sont donc, à l'instant, entourés de gaz très-comprimés et fortement échauffés. Aussi les expériences dont j'ai eu l'honneur d'entretenir récemment l'Académie, sur les actions physiques et mécaniques produites lors de la combustion de la poudre, trouvent-elles une application immédiate dans plusieurs caractères essentiels des bolides et des météorites qu'ils nous apportent.

» 1° *Alvéoles arrondies ou cupules de la surface des météorites.* — D'abord les effets d'érosions et de burinage sinueux exercés sur le fer expliquent les cavités alvéolaires des météorites, plus fidèlement encore que ne l'avaient fait des expériences précédentes sur des sphéroïdes de zinc.

» Les alvéoles arrondies, quelquefois désignées sous le nom de *coups de pouce* (finger abdrücke) sont bien connues de tous ceux qui ont étudié les météorites. Nulle part ces excavations ne sont mieux prononcées que dans les fers météoriques massifs ou holosidères (²). De très-nombreux exemples apprennent que les alvéoles arrondies sont assez fréquentes à la surface des météorites de toute nature, pierreuses ou entièrement métalliques, pour qu'elles puissent être considérées comme un de leurs traits caractéristiques.

» Or leur ressemblance avec celles que perforent les gaz échauffés et animés de mouvements gyratoires ressort à la première vue. Cette ressemblance est particulièrement frappante, si l'on compare les excava-

---

(¹) *Comptes rendus*, t. LXXXIV, p. 413, séance du 5 mars courant.

(²) *Comptes rendus*, t. LXXXII, p. 949.

tions de la tige d'acier, dont il a été question dans l'une des expériences précitées, avec celle que présentait la surface des fers météoriques d'Agram, de Braunau au moment de leur chute.

» Diverses explications théoriques, qui ont été données de ces alvéoles (¹), ne paraissent plus pouvoir être admises : l'explication que j'en ai proposée antérieurement trouve ici une nouvelle confirmation.

» 2° *Nuages et fumées développés lors de l'apparition des bolides.* — Un autre fait essentiel de l'apparition des bolides trouve aussi une imitation dans ces mêmes expériences. Je veux parler de cette sorte de fumée ou vapeur intense et très-étendue qui succède en général à l'apparition de la masse lumineuse. L'incandescence, qui n'est que de courte durée, est très-fréquemment suivie d'une traînée, d'abord lumineuse, puis obscure, à la manière de ce que l'on observe journellement à la suite de la combustion d'une pièce d'artifice. Cette traînée, qui souvent persiste pendant un temps assez long, marque et conserve la disposition de la trajectoire : elle prend la place du sillon lumineux. Selon toute probabilité, lors de l'incandescence du bolide, il s'en détache, à divers états, des parcelles qui restent en suspension dans les hautes régions de l'atmosphère, jusqu'à ce que les courants aériens arrivent à les disperser.

» Pour montrer que le fait est loin d'être accidentel et pour préciser les circonstances qui l'accompagnent, il est nécessaire de rappeler quelques exemples : nous choisirons ceux qui ont été l'objet d'observations exactes, d'abord parmi les bolides auxquels correspond la trouvaille de météorites, puis parmi ceux à la suite desquels aucune chute de cette nature n'a été constatée.

« Lors de la chute des météorites qui eut lieu, le 24 juillet 1790, à Juillac et Barbotan, près de Roquefort, département des Landes, il apparut un grand météore et un petit nuage blanchâtre persista à la place où le bolide éclata (²).

» La chute de Laigle du 26 mai 1803, d'après la narration circonstanciée de Biot, s'annonça par un globe enflammé, accompagné d'une explosion violente, qui dura cinq à six minutes : c'était d'abord comme quatre coups de canon, puis une décharge ressemblant à une fusillade : « Ce bruit partait d'un petit nuage très-élevé et de forme rectangulaire; il parut » immobile pendant tout le temps que dura le phénomène : seulement les vapeurs qui le » composaient s'écartaient momentanément de divers côtés par l'effet des explosions successives (³). »

(¹) *Comptes rendus*, t. LXXXII, p. 949. — Kesselmeyer, *Meteorsteine*, 1860; p. 31-32.

(²) D'après M. Baudin, professeur à Pau.

(³) Relation imprimée par ordre de l'Institut, an XI, p. 43.

» Au moment de la chute de météorites du 22 mars 1841 qui se fit à Grüneberg, en Silésie, on vit, après de violentes détonations, apparaître au zénith un nuage blanc.

» De même un excellent observateur, M. Boisse, signale un nuage lumineux, d'une nature étrange, que laisse, après avoir disparu, le bolide apportant, le 21 octobre 1844, les météorites de Favars (Aveyron) ([1]).

» Avant l'explosion du bolide auquel nous sommes redevables des aérolithes tombés à Aussun et Clarac, près de Montréjeau (Haute-Garonne), on vit un jet considérable de fumée et de feu se dégager du noyau, avec quelques étincelles. Un nuage de vapeur blanchâtre se forma au point d'explosion, et une traînée des mêmes vapeurs persista, avec ce nuage, sur toute la ligne suivie par le météore ([2]).

» Le bolide qui, le 14 mai 1863, apporta les météorites charbonneuses aux environs d'Orgueil ([3]) (Tarn-et-Garonne), se divisa en trois globes lumineux ou, selon un autre témoin, s'ouvrit en une gerbe d'étincelles, comme un bouquet de fusées; puis il laissa derrière lui une traînée, d'abord lumineuse, qui se transforma en une nébulosité persistante d'une durée de huit à dix minutes. D'après un troisième observateur, le même bolide éclata comme un bouquet d'artifice et se divisa en une poussière étincelante, puis forma un nuage blanc, d'une durée de huit à dix minutes. C'était une traînée blanche, ressemblant à de petits nuages cotonneux laissés sur la trace du météore.

» Les indigènes qui furent témoins, le 16 août 1875, d'une chute de météorites près de la Calle, en Algérie, virent, à la suite d'un bruit violent, comme un coup de tonnerre, une traînée de fumée noirâtre, au milieu de laquelle ils distinguèrent une clarté éblouissante qui se dirigeait vers la terre ([4]).

» Un petit nuage noir, d'où partit l'explosion, apparut également lors de la chute des milliers de pierres qui tombèrent, le 9 juin 1866, en Hongrie, aux environs de Knyahinya.

» Un météore qui lança, le 7 septembre 1868, des météorites à Sanguis, près de Saint-Étienne (Basses-Pyrénées), avait l'apparence d'une boule incandescente : avant de disparaître, il éclata et projeta des fragments emflammés, laissant à sa place un léger nuage blanchâtre qui persista quelque temps ([5]).

» Il s'est agi jusqu'à présent de chutes de météorites pierreuses, c'est-à-dire de celles qui ne renferment le fer qu'en grains isolés, au milieu de silicates.

» Cette sorte de fumée d'apparence opaque a été particulièrement bien observée lors des deux chutes de fer précitées, survenues depuis un siècle, et dont il reste des témoignages parfaitement authentiques.

» Lors de la chute de Hraschina, près d'Agram (26 mai 1751), on aperçut,

---

([1]) *Mémoires de la Société de l'Aveyron*, 1845, p. 410.

([2]) *Comptes rendus*, t. XLVII, p. 1054.

([3]) *Comptes rendus*, t. LVIII, p. 910, 935 et 968.

([4]) *Comptes rendus*, t. LXXXIV, p. 71.

([5]) *Comptes rendus*, t. LXVII, p. 873.

au moment de l'explosion, un nuage noir qui persista, dit-on, pendant trois heures et demie après la chute ([1]).

» Au moment de la chute de fer de Braunau, en Hongrie, qui eut lieu le 14 juillet 1847, beaucoup de personnes, averties par deux violentes détonations, remarquèrent un petit nuage noir, qui s'établit horizontalement, avec accompagnement de violentes détonations; deux globes de feu, qui tombèrent sur le sol, sortirent de ce nuage qui devint gris, puis se dissipa ([2]).

» Beaucoup de bolides, à la suite desquels on n'a pas trouvé de pierres lancées à la surface du sol, se présentent exactement de la même manière que ceux dont il vient d'être question, comme étant suivis de la découverte de météorites : même incandescence; détonations multiples et tout à fait semblables, à la suite desquelles ils éclatent en fragments plus petits; traînées lumineuses laissées à leur suite, apparition habituelle de nuages qui, après avoir perdu leur incandescence première, persistent quelque temps après la disparition du météore, souvent pendant plusieurs minutes, parfois même pendant plusieurs heures.

» Toutefois, en raison de l'intérêt considérable que présentent les météorites, particulièrement pour les minéralogistes et les géologues, il peut convenir de distinguer les bolides, selon que l'on a trouvé, à la suite de leur apparition, des blocs solides lancés à la surface du sol, ou qu'on n'en a pas rencontrés. Pour abréger et éviter une périphrase, les premiers pourraient être désignés sous le nom de *bolides phanérolithes* et les autres sous le nom de *bolides adélolithes* ([3]).

» Mais, il importe de le remarquer, cette séparation ne paraît reposer que sur un fait fortuit. Lorsque des pierres d'aussi petites dimensions que les météorites arrivent des espaces célestes sur le sol, les plus grandes chances sont évidemment pour qu'elles se perdent, soit qu'elles tombent dans la mer ou dans des régions inhabitées, soit qu'elles tombent dans des pays habités et qu'elles s'enfouissent dans le sol, sans avoir eu, à très-peu de distance, de témoins qui puissent les découvrir. Ce n'est donc que dans des cas réellement exceptionnels et comparativement rares que les masses solides, connues sous le nom de *météorites*, sont recueillies. Toute-

---

([1]) Kesselmeyer, ouvrage précité, p. 23.

([2]) Beinert, *Leonhards Jahrbuch*, 1848, p. 729.

([3]) D'après deux racines connues des géologues, qui correspondent à la signification : *apparent* et *non apparent*.

fois, d'après les traits multiples de ressemblance que présente leur apparition, les bolides phanérolithes et les bolides adélolithes appartiennent très-probablement à un même phénomène.

» Supposons des bolides ayant la même composition que celle des épaves, connues sous le nom de *météorites*, qui sont recueillies à la surface de la terre, à la suite de l'apparition de quelques-uns d'entre eux. Leur fer métallique, leur nickel, leur soufre, leur phosphore, après avoir contribué, par leur combustion dans l'atmosphère, à l'éclat éblouissant du bolide, doivent jouer aussi leur rôle dans la production nuageuse qui en est le complément.

» A en juger par l'étendue du ciel sur laquelle s'étend cette sorte de fumée et par sa persistance pendant un temps plus ou moins long, on voit que, pendant peu d'instants, il se détache du bolide des quantités considérables de matières.

» Quelle est l'action qui peut produire un effet si énergique sur le bolide et arracher, en si peu d'instants, une telle abondance de particules gazeuses, liquides ou solides?

» L'idée qui se présente tout d'abord, c'est que la chaleur et la combustion font naître, aux dépens de la masse, des matières volatiles. Mais, à raison de l'extrême rapidité du projectile, il paraît impossible, en outre, que, soumise à une telle vitesse, la substance, aussitôt qu'elle arrive à l'état incandescent, ne se *pulvérise* pas dans l'atmosphère, de même qu'il arrive dans les expériences établies, où nous voyons le fer métallique, malgré sa fixité, arraché à l'état de poussière impalpable et emporté dans l'air par des gaz fortement échauffés.

» En ce qui concerne les météorites, la réalité de cette *pulvérisation à haute température* trouve sa démonstration dans la présence des alvéoles creusées dans ces météorites pendant leur trajet, alvéoles dont l'origine, sous l'action de violents courants gazeux, ne paraît plus pouvoir laisser de doute.

» Enfin, d'après l'énergie que nous venons de reconnaître dans des gaz qui acquièrent instantanément d'énormes pressions, il n'y a pas à s'étonner des explosions qui signalent l'apparition des bolides. Une force, comparable à celle de la dynamite, doit briser les corps solides à la manière de puissants marteaux-pilons.

» 3° *Poussières atmosphériques d'origine extra-terrestre ou cosmique*. — Les résultats dont il vient d'être question doivent également être pris en considération pour l'histoire des poussières d'origine extra-terrestre ou cos-

mique. Car la pulvérisation extrêmement rapide, presque instantanée, qui s'empare de substances aussi fixes que le fer, dès que ces substances sont en présence de gaz animés de grandes vitesses et très-échauffés, s'ajoute, pour une très-forte part, à la volatilisation et à la combustion des corps célestes qui entrent dans notre atmosphère, La volumineuse traînée nuageuse qui en est la manifestation aboutit à des *poussières métalliques et autres*, extrêmement fines, qui entrent en suspension dans notre atmosphère (1).

» Toutefois, des poussières, également d'origine cosmique, peuvent être apportées dans notre atmosphère par d'autres procédés. Ainsi que je l'ai montré à l'occasion de la chute des météorites charbonneuses d'Orgueil, les météorites appartenant à cette variété se désagrégent aussitôt qu'elles sont en présence de l'eau et se réduisent alors en poudre impalpable (2). Il suffit donc du passage de pareilles météorites dans une zone de nuages ou de pluie pour qu'elles se résolvent en poussière.

» En résumé, les expériences dont il vient d'être rendu compte contribuent à éclaircir et à préciser trois faits qui correspondent à l'apparition des bolides, et dont nous devons, par conséquent, reconnaître la corrélation intime, savoir : 1° les cavités alvéolaires ou cupules dans les météorites que les bolides nous apportent ; 2° les nuages tout particuliers, fumées ou poussières, plus ou moins persistantes, qui suivent la disparition de la masse incandescente ; 3° les poussières d'origine cosmique qui se répandent ainsi dans notre atmosphère, non-seulement par combustion et volatilisation, mais aussi par pulvérisation à haute température. On peut ajouter que le premier fait nous apporte à la surface du sol et met sous nos yeux une preuve palpable de la réalité de l'explication fournie pour ces deux derniers.

» En voyant quelle est, dans de très-petits appareils, l'énergie mécanique et chimique de tels tourbillons gazeux, mus avec de grandes vitesses et de fortes pressions, on ne peut s'empêcher de porter son imagination sur des actions de même nature, qui peuvent se passer, et sur de bien plus grandes dimensions, dans le Soleil et dans d'autres parties de l'univers. »

---

(1) Telles que la poussière renfermant du nickel et du cobalt signalée par de Reichenbach (*Cosmos*, 29 décembre 1864).

(2) *Comptes rendus*, t. LVIII, p. 186.

ANALYSE. — *Sur les invariants fondamentaux de la forme binaire du huitième degré* [1]; par M. SYLVESTER.

« A cause d'une erreur qui s'est glissée dans le second Mémoire *on Quantics* de M. Cayley, dans son explication des conséquences qui découlent de la fonction génératrice pour les covariants appartenant aux formes au-dessus du quatrième et les invariants au-dessus du sixième degré, on a pensé (voir *Théorie des formes binaires*, de M. Faà de Bruno, p. 150) que la théorie elle-même est en défaut et que les équations linéaires qui conduisent à cette fonction, après qu'un certain point est passé, cessent d'être indépendantes. J'ai examiné cette question de près et j'arrive à la *certitude* du contraire. En effet, l'indépendance de ces équations est une conséquence d'un théorème très-curieux que j'ai découvert, un théorème plutôt de position que d'arithmétique que voici. Prenons trois nombres quelconques i, j, w avec la seule condition que w ne soit pas plus grand que $\frac{ij}{2}$. Formons toutes les combinaisons possibles avec les chiffres 0, 1, 2, ..., i, qui donnent la somme w : que le nombre de ces partitions soit m et qu'elles soient nommées P_1, P_2, ..., P_m.

» De même formons toutes les partitions semblables avec la somme $w-1$, que leur nombre soit μ et nommons-les Π_1, Π_2, ..., Π_μ.

» On doit observer que le nombre m ne peut jamais devenir plus petit que μ, à cause de la condition que w n'est pas plus grand que $\frac{ij}{2}$.

» Quand un Π quelconque, disons Π_λ, peut être déduit d'un P quelconque, disons P_l, par moyen de diminuer un des chiffres qui y entrent par l'unité, je nomme Π_λ une dérivée de P_l et dans le cas contraire une non-dérivée.

» Formons un rectangle de m sur μ et à la tête des colonnes écrivons les sommes P et à côté de chaque ligne les sommes Π. De cette manière on peut dire que chaque place dans le rectangle aura une certaine longitude désignée par un P et une latitude désignée par un Π. Dans chaque place dont la latitude est une *dérivée* de la longitude, écrivons un signe quelconque, par exemple une croix, et dans toutes les autres places insérons des zéros. Par une diagonale d'une *matrice* carrée, comprenons une combinaison quelconque des positions occupées par ses éléments qui entrent dans

---

[1] *Comptes rendus*, t. LXXXIV, p. 240; 5 février 1877.

la valeur du déterminant qui y appartient. Ces diagonales se diviseront, selon la règle élémentaire pour le calcul des déterminants, en deux espèces positives et négatives. De plus on peut sous-entendre par une diagonale *effective* une diagonale dans laquelle il n'entre nul *zéro*.

» Or, avec le rectangle dont j'ai parlé, formons toutes les matrices carrées *complètes* possibles, c'est-à-dire des carrés de μ^2 plans. Il peut arriver que, pour un certain nombre d'entre elles, il n'y aura nulle diagonale effective, mais on peut démontrer qu'il en existe toujours une au moins qui possède une ou plusieurs diagonales. S'il n'y a qu'une seule diagonale effective, évidemment le déterminant ne peut pas s'évanouir; mais s'il y en a plusieurs, alors je dis que toutes ces diagonales effectives pour un déterminant donné porteront le même signe, de sorte que, si l'on donne des valeurs positives quelconques aux éléments désignés par des croix, la somme des produits qui correspondent à ces diagonales ne peut pas devenir égale à zéro. Cette proposition, fort remarquable, suffit pour démontrer la suffisance de la règle mise en doute par M. de Bruno. Pour trouver le nombre total de covariants appartenant à une forme donnée du degré i, d'un ordre donné j dans les coefficients, et d'un degré donné k dans les variables, on n'aura qu'à prendre la différence de deux dénumérants de deux systèmes de deux équations simultanées dans l'une desquelles les termes constants seront $\frac{ij-k}{2}$ et dans l'autre $\frac{ij-k}{2} - i$. Comme conséquence de ce théorème, il est facile de démontrer que le nombre total des covariants de l'ordre j n'est autre chose que le nombre de manières de former la somme $\frac{ij}{2}$ ou $\frac{ij-1}{2}$ avec j des chiffres $0, 1, 2, 3, \ldots, i$.

» Toutes ces conclusions se trouvent peut-être étendues à des *systèmes* de formes binaires.

» Par exemple, si l'on considère le cas de deux formes binaires seulement, disons des degrés i et i', et si, pour plus de simplicité, on traite le problème du nombre *total* de covariants de l'ordre j dans ces coefficients par rapport à une des deux formes, et j' par rapport à l'autre, ce nombre sera le dénumérant d'un système ternaire d'équations simultanées en nombres entiers, que voici :

$$(1) \qquad y + 2z + 3t + \ldots + i - t + \eta + 2\zeta + \ldots + j\tau = \frac{ij + i'j' + \varepsilon}{2},$$

$$(2) \qquad x + y + z + \ldots + t = j,$$

$$(3) \qquad \zeta + \eta + \ldots + \tau = j',$$

ε étant égal à zéro si $ij + i'j'$ est pair, et à -1 dans le cas contraire, et ainsi, en général, pour un système contenant un nombre de formes quelconques.

» Le théorème qui porte à la démonstration de l'indépendance des équations linéaires dont il a été fait mention plus haut peut être mis sous une forme plus générale, que voici :

Soit Q une quantité quelconque d'un ou plusieurs systèmes de variables $x, y, z, \ldots; x', y', \ldots, x'', y'', \ldots$

» Prenons l'émanant de cette quantité par rapport à $\xi, \eta, \ldots, \xi', \eta', \ldots, \xi'', \eta'', \ldots$

» Substituons, pour $\xi, \eta, \ldots$, des fractions linéaires *omnipositives* quelconques de x, y, z pour ξ', η', des fonctions linéaires *omnipositives* de $\xi, \eta, \ldots$, de sorte qu'on obtiendra une nouvelle quantité tout à fait semblable, dans sa constitution, à Q, mais dont les coefficients seront fonctions linéaires des coefficients de Q. Alors je dis que ces fonctions linéaires seront nécessairement indépendantes entre elles. Par une fonction linéaire omnipositive on comprendra facilement que je désigne une fonction linéaire dont tous les coefficients sont des quantités qui ne sont ni négatives ni nulles. »

BOTANIQUE. — *Sur l'origine paléontologique des arbres, arbustes et arbrisseaux indigènes du midi de la France, sensibles au froid dans les hivers rigoureux;* par M. **Ch. Martins.**

« Le climat de la zone littorale méditerranéenne, comprenant les départements des Alpes-Maritimes, du Var, des Bouches-du-Rhône, du Gard, de l'Hérault, de l'Aude et des Pyrénées-Orientales, est le plus chaud de la France continentale et sa végétation spéciale a été désignée en Géographie botanique sous le nom de *zone des Oliviers*. Un certain nombre de végétaux ligneux, indigènes dans la région, périssent jusqu'aux racines dans ces hivers *exceptionnellement rigoureux*, mais ne disparaissent pas pour cela, car ils repoussent au printemps suivant et se maintiennent dans la région. Si l'on range ces végétaux dans l'ordre de leur sensibilité au froid, on obtient la liste suivante :

ARBRES, ARBUSTES ET ARBRISSEAUX FRILEUX DU MIDI DE LA FRANCE.

Caroubier, *Ceratonia siliqua*.
Euphorbe en arbre, *Euphorbia dendroïdes*.
Charme d'Italie, *Ostrya carpinifolia* Scop.
Laurier-rose, *Nerium Oleander*.
Palmier nain, *Chamærops humilis*.

Myrte commun, *Myrtus communis.*
Anthyllide barbe de Jupiter, *Anthyllis barba-Jovis.*
Laurier d'Apollon, *Laurus nobilis.*
Anagyre fétide, *Anagyris fœtida.*
Grenadier, *Punica granatum.*
Olivier cultivé, *Olea europæa.*
Figuier commun, *Ficus carica.*
Redout, *Coriaria myrtifolia.*
Salsepareille d'Europe, *Smilax aspera.*
Pistachier lentisque, *Pistachia lentiscus.*
Laurier-Tin, *Viburnum Tinus.*
Chêne vert, *Quercus ilex.*
Ciste de Montpellier, *Cistus monspeliensis.*
Vigne cultivée, *Vitis vinifera.*

» Parmi ces végétaux, il en est qui se trouvent dans toute la région, mais d'autres sont cantonnés dans les Alpes-Maritimes, le Var et les Pyrénées-Orientales; tels sont : *Ceratonia siliqua*, *Euphorbia dendroïdes*, *Ostrya carpinifolia*, *Nerium Oleander* et le Palmier nain qui existait à Beaulieu près de Nice, où le dernier a été vu par M. Cosson en 1841, mais a disparu depuis. Les Alpes-Maritimes, dont Nice est le chef-lieu, jouissent en effet du climat le plus doux de la région : ses hivers, en particulier, sont beaucoup moins froids que sur tout le reste du littoral français et les *minima absolus* beaucoup moins bas : ce sont ces *minima*, c'est-à-dire le degré thermométrique le plus bas de l'hiver qu'il faut spécialement considérer. Tous les horticulteurs savent en effet qu'il suffit d'une seule nuit pour tuer un arbre qui ne peut supporter le froid correspondant au degré *minimum* marqué par un thermomètre de Rutherford. J'ai donc relevé ces minima absolus dans la série thermométrique qui se poursuit depuis vingt-cinq ans au Jardin des Plantes de Montpellier, et je les ai comparés aux minima absolus des séries correspondantes de Marseille, Perpignan et Nice, dues à MM. Stephan, Fines et Teyssère. Or, à Montpellier, la moyenne annuelle de ces minima absolus est de $-9°,23$; à Marseille de $-5°,95$; à Perpignan de $-3°,85$ et à Nice de $-0°,93$. Comment s'étonner après cela si beaucoup de végétaux indigènes et exotiques, vivent en pleine terre à Nice ou à Perpignan, et périssent au contraire à Montpellier et même à Marseille.

» Si maintenant nous nous reportons à la liste des arbres et arbustes frileux du midi de la France, nous remarquons qu'ils possèdent des caractères analogues à ceux des arbres exotiques. Quelques-uns sont les seuls

représentants d'un groupe de végétaux, familles ou tribus composées en totalité d'espèces étrangères à l'Europe : tels sont le Caroubier, seul représentant en Europe de la tribu des Cassiées, l'*Euphorbia dendroïdes*, des *Pachycladæ*, tribu des Euphorbiacées, le *Chamærops humilis* des Palmiers, le Myrte des Myrtacées, l'*Anagyris fœtida* des Podalyriées, tribu des Légumineuses, le Laurier d'Apollon des Laurinées, le Figuier des Artocarpées, la Vigne des Ampélidées. Deux autres appartiennent à des genres anormaux : *Punica* et *Coriaria*. Quelques-uns sont les seuls représentants européens d'un genre exotique, exemple : le Laurier-rose, l'Olivier et le *Smilax aspera*. Seuls l'*Anthyllis barba-Jovis*, le Pistachier lentisque, le Laurier-Tin, le Chêne vert et le Ciste de Montpellier font partie de familles qui comptent d'autres genres européens.

» Ces végétaux ligneux ont un autre caractère : presque tous sont peu communs, clair-semés et rentrent dans la catégorie des plantes rares. On ne les trouve que dans des localités exceptionnellement abritées, sortes de serres naturelles dont le climat est plus chaud en été, moins froid en hiver que celui des lieux découverts et exposés à tous les vents. Tels sont l'*Ostrya carpinifolia*, le Laurier-rose, le Myrte, l'*Anthyllis barba-Jovis*, le Laurier d'Apollon, l'*Anagyris fœtida*, l'Olivier et le Figuier sauvage ; seuls le *Pistacia lentiscus*, le *Cistus monspeliensis*, le Chêne vert et le *Smilax aspera* sont communs dans toute la région. Enfin, deux de ces arbustes ont une végétation anormale, car ils fleurissent au milieu de l'hiver : ce sont *Viburnum Tinus* et *Anagyris fœtida*.

» Toutes ces particularités s'expliquent aisément quand on admet que ces végétaux sont des survivants de la flore qui couvrait le sol de la France méridionale pendant la période tertiaire. L'ensemble de cette végétation, aujourd'hui à l'état fossile, accuse un climat beaucoup plus chaud que celui qui règne actuellement sur la zone littorale, et la plupart des espèces qui se différencient à peine de celles qui sont encore vivantes ont été trouvées dans les terrains lacustres de la région même et décrits en majorité par M. de Saporta. Ainsi les paléontologistes connaissent cinq espèces de *Ceratonia* fossiles ; une seule, le *Ceratonia siliqua* actuel, a survécu aux changements climatologiques qui sont survenus depuis l'époque miocène et, en particulier, à l'époque glaciaire. Son ancêtre le plus probable est le *C. vetusta* Sap. des gypses d'Aix. Le Myrte commun est le descendant du *Myrtus atava* Sap. des dalles calcaires miocènes d'Armissan, près de Narbonne, et notre Myrte vivant a été trouvé à l'état fossile dans les dépôts volcaniques de Saint-Jorge, à Madère, par M. Heer. Le Laurier-rose (*Ne-*

rium Oleander) a traversé toute la période tertiaire. M. Crié l'a signalé dans les grès éocènes de la Sarthe; M. Gaudry dans le miocène d'Oropo, en Attique, et sa forme *N. Gaudrianum* Ad. Brongn. est intermédiaire entre le *N. Oleander* et le *N. odorum* Sol. L'espèce fossile s'est dédoublée en deux espèces vivantes. Les paléontologistes connaissent trente espèces de Lauriers fossiles; un seul, le *Laurus nobilis,* est encore vivant dans notre région; il existait déjà à l'époque du pliocène inférieur, car il a été trouvé dans les tufs de Meximieux. Des espèces très-voisines, *L. canariensis* Webb et *L. fœtens* Ait. (*Oreodaphne fœtens* Nees), descendant de l'*Oreodaphne Heerii* Gaud. des terrains quaternaires de la Toscane, se sont maintenues vivantes dans les Canaries, dont le climat insulaire et plus doux que celui du midi de la France se rapproche davantage du climat de l'époque tertiaire.

» Je multiplie ces exemples dans le Mémoire dont cette Note est un extrait et je démontre que la plupart des végétaux frileux du midi de la France ont des ancètres fossiles dans les terrains tertiaires ou quaternaires. La distribution géographique de ces végétaux en partie disparus prouve que le climat de l'Europe était à cette époque plus chaud que de nos jours, puisque nombre de ces végétaux habitaient des pays où ils ne passeraient pas actuellement un seul hiver. Le Palmier nain dans le nord de la Suisse, le Laurier-rose dans la Sarthe, le Grenadier aux environs de Lyon, la Vigne en Silésie accusent un climat bien différent de celui qui règne aujourd'hui dans l'Europe moyenne. Ces faits me paraissent en outre corroborer les nombreuses preuves que nous possédons déjà sur la continuité de la végétation actuelle avec la végétation tertiaire et de celle-ci avec les flores plus anciennes qui se sont succédé à la surface du globe. Issus par descendance les uns des autres, ces végétaux, variant suivant les milieux différents qu'ils ont traversés, démontrent que la notion de l'espèce, telle qu'elle était admise par les anciens naturalistes, doit être profondément modifiée.

» On est en outre autorisé à conclure que si beaucoup de végétaux ligneux de régions plus chaudes, cultivés dans nos jardins, sont exotiques suivant l'*espace*, la flore indigène en compte quelques-uns qui sont exotiques suivant le *temps;* tels sont ceux que nous avons énumérés dans cette Note. »

VITICULTURE. — *Sur les expériences faites à Prégny par le canton de Genève.* Note de M. **Bouley.**

« J'ai reçu de M. Demole, de Crenies-Bossey, dans la Haute-Savoie, une Lettre par laquelle il me prie de rectifier une erreur de fait, que

j'ai commise dans le Rapport sur le Phylloxera, dont j'ai eu l'honneur de donner lecture à l'Académie, dans sa séance du 5 mars. J'avais dit « qu'une grande expérience avait été faite, à Prégny, par le Gouvernement » fédéral suisse; que la Suisse n'avait reculé devant aucun sacrifice pour » étouffer le foyer du Phylloxera qui venait d'éclater dans un de ses can- » tons. » C'est là qu'est l'erreur. M. Demole me fait observer, dans sa Lettre, que « c'est le canton de Genève, la vingt-deuxième partie de la » Confédération suisse, un petit État d'une superficie de 23 000 hectares, » qui a accompli ce travail et tenté cette opération à ses frais. La Suisse n'a » pas contribué à cette expérience de préservation, et l'honneur doit en » revenir exclusivement au canton de Genève. »

» Je fais cette rectification d'autant plus volontiers que cet effort tenté, et jusqu'à présent réussi, prouve davantage, dans ces conditions, que s'il eût fallu pour l'accomplir toutes les ressources de la Confédération. »

M. **J.-A. Serret** présente à l'Académie le tome Ier de son *Cours d'Algèbre supérieure*, qui vient de paraître (4e édition, 1877).

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination d'un Membre qui remplira, dans la Section de Minéralogie, la place laissée vacante par le décès de M. *Ch. Sainte-Claire Deville.*

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 60,

M. Hébert obtient.	31	suffrages.
M. Delesse.	28	»

Il y a un bulletin blanc.

M. **Hébert**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu. Sa nomination sera soumise à l'approbation du Président de la République.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la phosphorescence des corps organiques.* Note de M. T.-L. Phipson.

(Commissaires : MM. Chevreul, Becquerel.)

« A l'occasion de la Note communiquée par M. Radziszewski (*Comptes rendus,* 12 février 1877), je demande la permission d'appeler l'attention de l'Académie sur mon Mémoire publié en 1875 dans le *Chemical News* de Londres et intitulé : *Sur la noctilucine, principe phosphorescent des animaux lumineux,* dont j'ai l'honneur de présenter aujourd'hui deux exemplaires à l'Académie. Dans ce Mémoire, dont un extrait a paru dans les *Comptes rendus,* je me suis efforcé de reconnaître la vraie nature de la *noctilucine,* dont j'ai soupçonné, pour la première fois, l'existence lors de ma Note *Sur la matière phosphorescente de la Raie*, publiée dans les *Comptes rendus* de l'Académie en 1860. Les intéressantes expériences de M. Radziszewski nous permettent de juger un peu du genre de réaction qui a lieu lorsque la noctilucine s'oxyde en produisant la phosphorescence des animaux lumineux, ainsi que je l'ai exposé dans mon Mémoire.

» M. Landerer avait déjà signalé la phosphorescence de certains composés organiques, tels que les sels de quinine, et l'on sait depuis assez longtemps que l'acide benzoïque brille dans l'obscurité quand on le fait cristalliser par sublimation. Mais, jusqu'à présent, le nombre de corps organiques capables de luire dans l'obscurité a été fort restreint, et leur phosphorescence a été développée à l'aide d'actions mécaniques seulement (sucre, valérate de quinine, acide benzoïque, etc.). En étudiant la noctilucine, corps azoté extrait des Lampyres et des Scolopendres, etc., j'ai fait connaître le premier corps organique phosphorescent par oxydation lente, comme le phosphore dans le règne minéral. »

M. H. Bageau, M. Ch. Blondeau, MM. Gontier et Saint-Supery, M. Lapeyre, M. D. Petit adressent des Communications relatives au Phylloxera.

(Renvoi à la Commission du Phylloxera.)

CORRESPONDANCE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Propositions d'Algèbre et de Géométrie déduites de la considération des racines cubiques de l'unité.* Note de M. **Appell**, présentée par M. Bouquet.

« Soient α, α^2 les racines cubiques imaginaires de l'unité; si l'on développe l'exponentielle $e^{\alpha\theta+\alpha^2\varphi}$ en série ordonnée suivant les puissances de α, et si l'on ramène toutes ces puissances aux deux premières au moyen de la relation $\alpha^3 = 1$, on a une expression de la forme

$$P(\theta, \varphi) + \alpha R(\theta, \varphi) + \alpha^2 Q(\theta, \varphi).$$

Les trois fonctions P, Q, R des deux variables θ et φ s'expriment de la manière suivante, au moyen des fonctions exponentielles et circulaires

$$P(\theta, \varphi) = \frac{e^{\theta+\varphi} + 2e^{-\frac{\theta+\varphi}{2}} \cos\frac{\sqrt{3}}{2}(\theta - \varphi)}{3},$$

$$Q(\theta, \varphi) = \frac{e^{\theta+\varphi} + 2e^{-\frac{\theta+\varphi}{2}} \cos\left[\frac{\sqrt{3}}{2}(\theta - \varphi) + \frac{4\pi}{3}\right]}{3},$$

$$R(\theta, \varphi) = \frac{e^{\theta+\varphi} + 2e^{-\frac{\theta+\varphi}{2}} \cos\left[\frac{\sqrt{3}}{2}(\theta - \varphi) + \frac{2\pi}{3}\right]}{3}.$$

Chacune de ces trois fonctions possède trois couples de périodes conjuguées, à savoir, pour θ :

$$2\pi i, \quad \frac{2\pi}{\sqrt{3}}, \quad \pi i + \frac{\pi}{\sqrt{3}},$$

et pour φ :

$$2\pi i, \quad -\frac{2\pi}{\sqrt{3}}, \quad \pi i - \frac{\pi}{\sqrt{3}}.$$

» Quand on augmente les variables du tiers de deux périodes conjuguées, on reproduit une des fonctions multipliée par un facteur constant; on a, par exemple,

$$P\left(\theta + \frac{2\pi i}{3}, \varphi + \frac{2\pi i}{3}\right) = e^{\frac{4\pi i}{3}} P(\theta, \varphi),$$

$$P\left(\theta + \frac{2\pi}{3\sqrt{3}}, \varphi - \frac{2\pi}{3\sqrt{3}}\right) = R(\theta, \varphi),$$

$$P\left(\theta + \frac{\pi i}{3} + \frac{\pi}{3\sqrt{3}}, \varphi + \frac{\pi i}{3} - \frac{\pi}{3\sqrt{3}}\right) = e^{\frac{2\pi i}{3}} Q(\theta, \varphi).$$

Ces fonctions sont liées par la relation algébrique

$$P^3 + Q^3 + R^3 - 3PQR = 1,$$

et l'on a, entre leurs dérivées partielles, les relations

$$(1) \qquad \frac{dR}{d\theta} = \frac{dQ}{d\varphi} = \frac{d^2P}{d\theta\, d\varphi} = \frac{d^3P}{d\theta^3} = \frac{d^3P}{d\varphi^3} = P,$$

et celles qu'on en déduit par permutation des lettres P, Q, R. Enfin l'addition des arguments se fait par la formule

$$P(\theta+\theta', \varphi+\varphi') = P(\theta, \varphi)\, P(\theta', \varphi') + Q(\theta, \varphi)\, R(\theta', \varphi') + R(\theta, \varphi)\, Q(\theta', \varphi'),$$

et d'autres analogues pour Q et R.

Soient x, y, z les coordonnées d'un point de l'espace; il existe une seule quantité réelle ρ et une infinité de nombres θ et φ différant les uns des autres par des périodes conjuguées vérifiant les relations

$$(2) \qquad x = \rho P(\theta, \varphi), \quad y = \rho Q(\theta, \varphi), \quad z = \rho R(\theta, \varphi).$$

Si, dans ces formules, on suppose ρ constant, elles définissent les points de la surface

$$x^3 + y^3 + z^3 - 3xyz = \rho^3,$$

et les lignes $\theta = \text{const.}$, $\varphi = \text{const.}$ sont les lignes asymptotiques de cette surface; en effet, on voit aisément, au moyen des relations (1), que le plan osculateur à une de ces lignes est tangent à la surface. Supposons maintenant les coordonnées rectangulaires, et considérons les trois familles de surfaces obtenues, en égalant successivement, dans les formules (2), ρ, θ et φ à des constantes; par un point de l'espace il passe une surface de chaque famille, et les plans tangents en ce point à ces trois surfaces forment un trièdre régulier dont les arêtes sont également inclinées sur la droite $x = y = z$.

» On peut former une infinité de systèmes de surfaces jouissant de cette propriété. Considérons à cet effet une fonction F, formée à l'aide des symboles élémentaires, de la quantité $x + \alpha y + \alpha^2 z$; cette fonction pourra se mettre sous la forme

$$F(x + \alpha y + \alpha^2 z) = f_1(x, y, z) + \alpha f_2(x, y, z) + \alpha^2 f_3(x, y, z),$$

et l'on aura

$$f_1(x, y, z) = \frac{F(x + \alpha y + \alpha^2 z) + F(x + \alpha^2 y + \alpha z) + F(x + y + z)}{3},$$

$$f_2(x, y, z) = \frac{\alpha^2 F(x + \alpha y + \alpha^2 z) + \alpha F(x + \alpha^2 y + \alpha z) + F(x + y + z)}{3},$$

$$f_3(x, y, z) = \frac{\alpha F(x + \alpha y + \alpha^2 z) + \alpha^2 F(x + \alpha^2 y + \alpha z) + F(x + y + z)}{3}.$$

Les fonctions f_1, f_2, f_3 que l'on obtient ainsi satisfont aux équations suivantes :

$$(3) \qquad \begin{cases} \dfrac{df_1}{dx} = \dfrac{df_2}{dy} = \dfrac{df_3}{dz}, \\ \dfrac{df_1}{dz} = \dfrac{df_2}{dy} = \dfrac{df_3}{dx}, \\ \dfrac{df_1}{dz} = \dfrac{df_2}{dx} = \dfrac{df_3}{dy}. \end{cases}$$

Ces relations montrent que les trois familles de surfaces

$$(4) \qquad f_1(x, y, z) = a, \quad f_2(x, y, z) = b, \quad f_3(x, y, z) = c,$$

a, b, c étant des constantes, sont telles que les plans tangents en un point aux trois surfaces qui passent par ce point forment un trièdre régulier dont les arêtes sont également inclinées sur la droite $x = y = z$ Telles sont, par exemple, les surfaces

$$x^2 + 2yz = a, \quad y^2 + 2zx = b, \quad z^2 + 2xy = c,$$

que l'on obtient en considérant la fonction

$$(x + \alpha y + \alpha^2 z)^2.$$

Si l'on résout les équations (4) par rapport à x, y, z,

$$x = \varphi_1(a, b, c), \quad y = \varphi_2(a, b, c), \quad z = \varphi_3(a, b, c),$$

les trois fonctions $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ des variables a, b, c satisfont aussi aux relations (3) et par conséquent les trois familles de surfaces

$$\varphi_1(x, y, z) = a, \quad \varphi_2(x, y, z) = b, \quad \varphi_3(x, y, z) = c,$$

possèdent la même propriété que les surfaces (4). Soient enfin trois fonctions f_1, f_2, f_3 satisfaisant aux relations (3), et trois autres fonctions φ_1, φ_2, φ_3 satisfaisant à ces mêmes relations, les fonctions

$$F_1(x, y, z) = f_1(\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3), \quad F_2(x, y, z) = f_2(\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3),$$
$$F_3(x, y, z) = f_3(\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3),$$

obtenues en remplaçant dans f_1, f_2, f_3, x, y, z par φ_1, φ_2, φ_3, y satisfont également.

» Les propriétés des fonctions P, Q, R permettent d'imaginer un calcul de quantités complexes dans l'espace, dans lequel le produit des deux quantités représentées par les points

$$(\mathrm{M}) \qquad x = \rho \mathrm{P}(\theta, \varphi), \qquad y = \rho \mathrm{Q}(\theta, \varphi), \qquad z = \rho \mathrm{R}(\theta, \varphi),$$
$$(\mathrm{M}_1) \qquad x_1 = \rho_1 \mathrm{P}(\theta_1, \varphi_1), \qquad y_1 = \rho_1 \mathrm{Q}(\theta_1, \varphi_1), \qquad z_1 = \rho_1 \mathrm{R}(\theta_1, \varphi_1)$$

serait la quantité représentée par le point ayant pour coordonnées

$$\mathrm{X} = \rho\rho_1 \mathrm{P}(\theta + \theta_1, \varphi + \varphi_1), \quad \mathrm{Y} = \rho\rho_1 \mathrm{Q}(\theta + \theta_1, \varphi + \varphi_1),$$
$$\mathrm{Z} = \rho\rho_1 \mathrm{R}(\theta + \theta_1, \varphi + \varphi_1). \text{ »}$$

GÉOMÉTRIE. — *Sur la courbure des surfaces.* Note de M. P. SERRET.

« 1. Euler a donné le premier l'expression simple

$$(1) \qquad \mathrm{R} = \frac{\rho\, d\rho}{d\varpi}$$

du rayon de courbure d'une ligne plane en fonction des distances ρ et ϖ, d'une origine fixe quelconque, au point qui décrit la courbe et à la tangente en ce point. On peut remarquer que ces variables, ρ et ϖ, forment un système de coordonnées mixtes que l'on pourrait dire *mêlées,* en ce qu'elles participent à la fois des coordonnées ponctuelles et des coordonnées tangentielles; tout ce qui se rapporte à la courbure devra apparaître plus aisément dans les formules où on les aura fait intervenir que dans toutes autres équivalentes. Toutefois, c'est surtout dans la géométrie des surfaces que les avantages spéciaux et le rôle de ces coordonnées se précisent le mieux, en permettant de substituer des formules simples aux formules compliquées que l'on sait, et de réduire, dans certains cas, à des calculs élémentaires, des intégrations aux dérivées partielles, toujours difficiles, sinon irréalisables.

» On se propose, en effet, de montrer, dans cette Note, que la formule (1) n'est pas limitée aux seules courbes planes, et qu'elle se peut étendre non-seulement aux courbes gauches, extension facile et qui paraît offrir peu d'intérêt, mais surtout aux surfaces : de telle sorte que *le rapport différentiel* $\rho\, d\rho : d\varpi$ *calculé, en chaque point d'une surface, pour un déplacement* $(d\rho, d\varpi)$ *compté sur l'une ou l'autre des lignes de courbure issues de ce*

point, mesure toujours le rayon de première ou de seconde courbure, c'est-à-dire les éléments mêmes de la courbure de la surface au point considéré.

» Cette proposition peut comporter d'ailleurs des conséquences de plus d'une sorte. Celles qui se présentent le plus immédiatement permettent d'établir, par la seule analyse et avec une extrême facilité, les trois théorèmes fondamentaux de Meunier et de Monge : 1° sur la surface dont tous les points sont des ombilics; 2° sur la surface dont l'une des courbures est constante; 3° sur celle enfin dont les deux courbures sont l'une et l'autre constantes.

» Étudiées sous ce nouveau point de vue, ces propositions n'exigent plus, en effet, ni considérations de géométrie (la notion des tangentes conjuguées n'ayant pas même à y intervenir), ni aucun développement de calcul. Il suffit de quelques intégrations élémentaires, et qu'ayant entrevu la possibilité d'étendre la formule (1) aux rayons de courbure principaux d'une surface, on ait reconnu, analytiquement, la légitimité de l'induction.

» 2. Pour obtenir cette vérification, soient ρ et ϖ les distances de l'origine au point (x, y, z) qui décrit la surface et au plan tangent en ce point; on aura d'abord

$$\rho^2 = x^2 + y^2 + z^2, \quad \varpi = (px + qy - z) : \sqrt{p^2 + q^2 + 1}.$$

De là, en recourant aux particularisations habituelles,

$$(1) \qquad 0 = p = q = s,$$

et ayant égard en outre aux identités,

$$pdx + qdy - dz = 0, \quad dp = rdx + sdy, \quad dq = sdx + tdy;$$

on trouve, pour un déplacement tangentiel quelconque du point décrivant,

$$(2) \qquad \frac{\rho\, d\rho}{d\varpi} = \frac{x\,dx + y\,dy}{rx\,dx + ty\,dy}.$$

» Pour un déplacement dirigé suivant la ligne de première ou de seconde courbure ($dy = 0$ ou $dx = 0$), on aura donc simplement

$$\rho\left(\frac{d\rho}{d\varpi}\right)_1 = \frac{1}{r} = \mathrm{R}_1, \quad \rho\left(\frac{d\rho}{d\varpi}\right)_2 = \frac{1}{t} = \mathrm{R}_2;$$

et le théorème énoncé est en évidence dans ces formules.

» 3. Le rapport $\frac{\rho\, d\rho}{d\varpi}$, fourni par la formule (2), reçoit une même et unique valeur, quel que soit le déplacement (dx, dy) autour du point considéré, si l'on a

$$\frac{x}{rx} = \frac{y}{ty} \quad \text{ou} \quad \frac{1}{r} = \frac{1}{t}.$$

» Le point considéré est alors un ombilic; le rayon de courbure

$$R_1 = R_2 = R$$

est le même pour toutes les sections normales; et l'on a, pour tout déplacement tangentiel $(d\rho, d\varpi)$,

$$\rho \frac{d\rho}{d\varpi} = \text{const.} = R,$$

R désignant le rayon de courbure principal et unique de la surface à l'ombilic considéré.

» 4. Que si l'on voulait comparer le rapport $\rho\, d\rho : d\varpi$ $\left(\text{relatif à un déplacement tangentiel quelconque } \frac{dx}{\cos\alpha} = \frac{dy}{\cos\beta}\right)$, au rayon de courbure $R_{\alpha,\beta}$ de la section normale correspondante, on pourrait remplacer, dans la formule (2), dx, dy par leurs proportionnels $\cos\alpha$, $\cos\beta$. Rapprochant alors la formule résultante

$$(2') \qquad \rho \frac{d\rho}{d\varpi} = \frac{x\cos\alpha + y\cos\beta}{rx\cos\alpha + ty\cos\beta}$$

de la formule connue

$$(3) \qquad R_{\alpha,\beta} = \frac{1}{r\cos^2\alpha + t\cos^2\beta},$$

on trouverait

$$(4) \qquad \rho \frac{d\rho}{d\varpi} - R_{\alpha,\beta} = (r-t)\cos\alpha\cos\beta \frac{x\cos\beta - y\cos\alpha}{rx\cos\alpha + ty\cos\beta} R_{\alpha,\beta}.$$

» La différence considérée s'annule donc :

» 1° Si $r - t = 0$, c'est-à-dire autour d'un ombilic, quelle que soit la direction (α, β);

» 2° Si $r - t \gtrless 0$, ou en un point quelconque de la surface, pour $\alpha = \frac{\pi}{2}$ ou $\beta = \frac{\pi}{2}$, c'est-à-dire pour chacune des sections principales au point considéré;

» 3° Enfin cette différence s'annule encore, dans le cas général, pour la

direction particulière

$$x \cos\beta - y \cos\alpha = 0 \quad \text{ou} \quad \frac{x}{\cos\alpha} = \frac{y}{\cos\beta},$$

c'est-à-dire pour celle des sections normales, au point considéré, dont le plan passe par l'origine.

» La démonstration se ferait d'ailleurs tout aussi aisément par la seule géométrie.

» 5. L'application du principe précédent à la démonstration des théorèmes de Meunier et de Monge suppose d'ailleurs que l'on ait établi au préalable que « la sphère est la seule surface contenue dans l'équation

$$\rho \frac{d\rho}{d\varpi} = \text{const.} »,$$

et c'est à quoi l'on peut parvenir très-simplement, comme nous le pourrons montrer dans une Note ultérieure. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un problème comprenant la théorie de l'élimination.* Note de M. VENTÉJOLS, présentée par M. Puiseux.

« 1. J'ai l'honneur de présenter à l'Académie une Note relative au problème suivant, qui a été l'objet d'un théorème de Lagrange, mais dont ce grand géomètre n'a fait qu'une étude incomplète :

» *Trouver les conditions nécessaires et suffisantes pour que deux équations algébriques aient un nombre assigné quelconque de racines communes, et former l'équation qui détermine ces racines.*

» En cherchant une méthode pour résoudre cette question, j'ai été conduit à établir plusieurs propositions, dont voici les énoncés :

» 1° *Si, dans un système de* n *équations linéaires et homogènes à* $(n+p)$ *inconnues, un déterminant d'ordre* $(n-1)$ *est différent de zéro, pour que ces équations se réduisent à* $(n-1)$ *distinctes, il est nécessaire et suffisant que les* $(p+1)$ *déterminants d'ordre* n*, formés par les* $(n-1)$ *colonnes qui contiennent le déterminant différent de zéro et chacune des* $(p+1)$ *restantes, soient nuls à la fois.*

» Si tous les déterminants d'ordre $(n-1)$ sont nuls, le système contient au plus $(n-2)$ équations distinctes.

» 2° *Si les conditions énoncées dans le théorème précédent sont remplies, tous les déterminants d'ordre* n *tirés du système proposé sont nuls.*

» 3° *Pour que n équations linéaires et homogènes, à $(n+p)$ inconnues, se réduisent à un nombre inférieur d'équations distinctes, il est nécessaire et suffisant que tous les déterminants d'ordre n qu'on peut faire avec les colonnes du système soient nuls à la fois.*

» 4° *Pour que les deux équations*

$$A = a_0 x^m + a_1 x^{m-1} + \ldots + a_m = 0,$$
$$B = b_0 x^n + b_1 x^{n-1} + \ldots + b_n = 0$$

aient r racines communes, finies ou infinies, il est nécessaire et suffisant qu'il existe deux polynômes U_{m-r}, V_{n-r}, *de degrés respectivement égaux à leurs indices ou l'un d'eux de degré inférieur, dont les coefficients soient tels que l'équation*

$$AV_{n-r} + BU_{m-r} = 0$$

se réduise à une identité.

» 5° *Pour que les deux équations* $A = 0$, $B = 0$ (4°) *aient r racines communes, il est nécessaire et suffisant que, si l'on forme les équations*

$$Ax^{n-r} = 0, \quad Ax^{n-r-1} = 0, \quad \ldots, \quad Ax = 0, \quad Ax^0 = 0,$$
$$Bx^{m-r} = 0, \quad Bx^{m-r-1} = 0, \quad \ldots, \quad Bx = 0, \quad Bx^0 = 0,$$

et qu'on y regarde les puissances de x comme des inconnues distinctes, leur système se réduise à un autre renfermant une équation de moins.

» 2. La méthode dont je me suis servi résulte de ce dernier théorème. Je vais l'appliquer aux deux équations

$$(1) \qquad a_0 x^6 + a_1 x^5 + a_2 x^4 + a_3 x^3 + a_4 x^2 + a_5 x + a_6 = 0,$$
$$(2) \qquad b_0 x^5 + b_1 x^4 + b_2 x^3 + b_3 x^2 + b_4 x + b_5 = 0,$$

pour exprimer qu'elles ont quatre racines communes et former l'équation qui les détermine.

» Multiplions, d'après (5°), (1) par x, x^0, (2) par x^2, x, x^0, ce qui donne les cinq équations

$$a_0 x^7 + a_1 x^6 + a_2 x^5 + a_3 x^4 + a_4 x^3 + a_5 x^2 + a_6 x = 0,$$
$$a_0 x^6 + a_1 x^5 + a_2 x^4 + a_3 x^3 + a_4 x^2 + a_5 x + a_6 x^0 = 0,$$
$$b_0 x^7 + b_1 x^6 + b_2 x^5 + b_3 x^4 + b_4 x^3 + b_5 x^2 = 0,$$
$$b_0 x^6 + b_1 x^5 + b_2 x^4 + b_3 x^3 + b_4 x^2 + b_5 x = 0,$$
$$b_0 x^5 + b_1 x^4 + b_2 x^3 + b_3 x^2 + b_4 x + b_5 x^0 = 0,$$

et exprimons qu'elles se réduisent à quatre. Pour qu'il en soit ainsi, il est

nécessaire et suffisant, d'après (3°), que tous les déterminants du cinquième ordre qu'on peut faire avec les huit colonnes de ce système soient nuls à la fois, ce qui donne un nombre de conditions égal à celui des combinaisons de huit objets 5 à 5 ou 56. S'il existe dans ce système de conditions un déterminant du quatrième ordre qui ne puisse pas s'annuler, il suffira, d'après (1°), d'égaler à zéro les quatre déterminants du cinquième ordre qui le contiennent, et il n'y aura que quatre conditions distinctes; mais, lorsque les indéterminées (a) et (b) peuvent recevoir telles valeurs qu'on voudra ou qu'elles renferment toutes des paramètres variables, comme chaque déterminant du quatrième ordre peut s'annuler à son tour, il faut conserver les cinquante-six équations données par la méthode.

» Pour représenter cet ensemble de conditions, on écrit ordinairement les huit colonnes de coefficients sur cinq lignes, à la manière des déterminants. Or, si l'on compare le tableau ainsi formé à celui qui donne la résultante fondamentale ou de Sylvester, pour les équations (1), (2), on voit qu'il se déduit de ce dernier en y supprimant les trois premières lignes en a et les trois premières en b. On généralise sans peine cette démonstration, et l'on parvient ainsi à la règle suivante, qui résout complétement la première partie du problème proposé :

» *Pour exprimer que deux équations algébriques de la forme* (3°) *ont r racines communes, il suffit de supprimer dans la résultante fondamentale les* ($r-1$) *premières lignes en a et les* ($r-1$) *premières en b.*

» Cherchons maintenant une équation qui donne sûrement les quatre racines communes ou qui ne soit pas une identité. Formons les équations qui, d'après (5°), serviraient à exprimer que (1) et (2) ont cinq racines communes, c'est-à-dire

$$\begin{aligned} a_0x^6 + a_1x^5 + a_2x^4 + a_3x^3 + a_4x^2 + a_5x + a_6x^0 &= 0,\\ b_0x^6 + b_1x^5 + b_2x^4 + b_3x^3 + b_4x^2 + b_5x \phantom{{}+ b_5x^0} &= 0,\\ b_0x^5 + b_1x^4 + b_2x^3 + b_3x^2 + b_4x + b_5x^0 &= 0. \end{aligned}$$

Les colonnes des coefficients de ce système donnent des déterminants du troisième ordre, dont un au moins est différent de zéro; car, s'ils étaient tous nuls, (1) et (2) auraient, d'après ce qui précède, cinq racines communes. Soit $a_1\,a_2\,a_5$ la première ligne de ce déterminant Δ différent de zéro. Groupons les termes comme il suit :

$$\begin{aligned} (a_0x + a_1)x^5 + (a_2x^2 + a_3x + a_4)x^2 + a_5x + a_6x^0 &= 0,\\ (b_0x + b_1)x^5 + (b_2x^2 + b_3x + b_4)x^2 + b_5x \phantom{{}+ b_5x^0} &= 0,\\ b_0x^5 + (b_1x^2 + b_2x + b_3)x^2 + b_4x + b_5x^0 &= 0; \end{aligned}$$

si l'on tire de ces équations des quantités proportionnelles à x et x^0, on voit que celle qui correspondra à x^0 renfermera Δ, et l'équation du quatrième degré ainsi obtenue ne sera pas illusoire.

» Il existe un mode de groupement qui réussit dans tous les cas. Je dois me borner ici à énoncer la règle qui résout la seconde partie du problème général :

» *Pour obtenir l'équation qui donne les r racines communes, il faut supprimer dans la résultante fondamentale les r premières lignes en a et les r premières en b, puis chercher dans la partie restante un déterminant d'ordre égal au nombre des lignes qui soit différent de zéro. Ce déterminant conduit par une opération simple à l'équation qui donne sûrement les racines communes.* »

PHYSIQUE. — *De la suspension de l'eau dans un vase fermé inférieurement par un tissu à larges mailles.* Note de M. **Félix Plateau.**

« Dans une Notice publiée en 1867 et intitulée : *Observations sur l'argyromètre aquatique* [1], j'ai donné la description de quelques expériences destinées à expliquer comment, au début de la construction de l'arachnide aquatique, lorsque les mailles de la cloche sont encore grandes, l'air introduit par l'animal ne se divise pas pour traverser le filet.

» Je transcris les passages qui résument mes résultats :

(Page 102.) « ... Si l'on forme avec de la mousseline grossière, où conséquemment les fils sont très-espacés, un petit nouet ou sac fermé, de la capacité de 1 à 2 centimètres cubes et nécessairement plein d'air, puis qu'on plonge ce nouet dans l'eau, en l'empêchant, par un fil fixé à un poids, de remonter à la surface, on verra l'air rester renfermé dans le nouet comme dans un vase clos de toutes parts... »

(Page 123.) « ... La surface générale de l'air renfermé dans le nouet se trouve divisée ici... en portions de petite étendue; chacune de ces petites surfaces partielles est limitée par le contour mouillé d'une maille et possède, par suite, une stabilité que la poussée hydrostatique ne peut surmonter.

» On peut faire une expérience en quelque sorte inverse de la précédente, et qui m'a paru assez curieuse : on tend sur l'orifice d'un vase plein d'eau un morceau de tulle à larges mailles; on pose une plaque de verre par-dessus, puis on retourne le tout en maintenant la plaque contre le bord; si l'on fait ensuite glisser la plaque horizontalement de manière à laisser le tulle à découvert, on voit l'eau rester suspendue en totalité dans le vase, tant que l'orifice de ce dernier reste bien horizontal; pour peu qu'on l'incline, le

[1] *Bulletin de l'Académie royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique;* 2e série, t. XXIII, no 2, 1877, p. 96.

liquide s'écoule tout d'un coup. L'expérience m'a réussi même avec un vase dont l'orifice avait un diamètre de 10 centimètres. »

» J'avais donc réalisé et publié depuis longtemps une des expériences décrites par M. de Romilly dans le travail intéressant qu'il vient de présenter à l'Académie ([1]). Mes recherches ont naturellement échappé à l'attention du savant physicien, leur titre ne permettant de supposer qu'une étude anatomique ou physiologique. »

PHYSIQUE. — *Sur un fait singulier de production de chaleur.* Note de M. **J. Olivier**, présentée par M. Jamin.

« L'expérience suivante prouve que le calorique, dans certaines circonstances, ne se propage pas dans les métaux de proche en proche, comme cela arrive dans la plupart des cas.

» Une barre d'acier carrée, d'environ 15 millimètres de côté et de 70 à 80 centimètres de longueur, est saisie fortement par les deux mains de l'opérateur, l'une des mains étant placée au centre de la barre et l'autre à une extrémité. L'extrémité libre est présentée et appuyée fortement contre une meule d'émeri tournant très-rapidement. Au bout de peu de minutes l'extrémité frottée s'échauffe considérablement, la main placée au centre de la barre n'éprouve pas de sensation de chaleur, tandis que celle placée à l'extrémité est fortement chauffée, et l'opérateur est obligé de lâcher. Ce fait m'a paru assez intéressant pour être signalé aux physiciens. »

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur la réforme de quelques procédés d'analyse usités dans les laboratoires des stations agricoles et des observatoires de Météorologie chimique* (première Partie : *Ammonimétrie*); par M. **A. Houzeau**.

« En Agriculture comme en Météorologie, la solution des problèmes dépend très-souvent d'études poursuivies pendant de longues années et par de nombreux observateurs.

» De là, l'obligation, rendue de plus en plus nécessaire par le développement des stations agricoles et des observatoires officiels ou privés, de mettre à la portée du plus grand nombre des méthodes d'investigation à la fois simples et exactes.

([1]) F. de Romilly, *Sur les effets du jet d'air dans l'eau et sur la suspension de l'eau dans l'air.* (*Comptes rendus*, 26 février 1877, p. 373.)

» La première partie de ce travail est consacrée à l'*Ammonimétrie*, c'est-à-dire au dosage de l'ammoniaque.

» Jusqu'à présent, la détermination de l'ammoniaque dans les engrais, les eaux et l'atmosphère ne s'est guère accomplie que par la méthode volumétrique indirecte due à la sagacité de M. Peligot. C'est grâce à cette méthode, on ne saurait trop le reconnaître, que l'Agriculture est redevable des importants travaux de MM. Boussingault, Mangon, Thenard, etc., sur les eaux de pluie, d'irrigation et les fumiers, etc.

» Mais cette méthode ne comporte avec elle aucun renseignement qualitatif préliminaire; on ne sait qu'il y a ou qu'il n'y a pas d'ammoniaque qu'après avoir effectué les opérations du dosage (vérification du titre de la solution alcaline et titration de la liqueur d'essai).

» La méthode directe que je propose est encore plus simple, très-exacte, et n'exige que le concours d'une seule liqueur titrée à composition inaltérable; elle fait en outre connaître plus rapidement les résultats, car, par son caractère tout d'abord qualitatif, elle dispense de l'opération ultérieure de la titration quand la liqueur d'essai ne contient pas d'ammoniaque. Elle repose sur l'emploi du tournesol *rouge vineux stable* dont j'ai fait déjà un grand usage dans mes recherches sur l'ozone atmosphérique ([1]). Ce tournesol bleuit par les alcalis, et passe au rouge franc au contact des acides. Sa sensibilité est très-grande.

» L'expérience montre qu'il accuse directement et avec netteté l'ammoniaque libre en dissolution dans l'eau, quand celle-ci en renferme seulement $\frac{1}{2000000}$ et même $\frac{1}{4000000}$ de son poids.

MODE OPÉRATOIRE.

» *Constatation de la présence de l'ammoniaque.* — Lorsqu'on opère sur 1 décilitre d'eau dans laquelle, par les méthodes connues, on a condensé l'ammoniaque caustique, il suffit de colorer faiblement cette eau avec quelques gouttes de tournesol rouge vineux stable. Si le tournesol conserve sa couleur, c'est une preuve qu'il n'y a pas d'ammoniaque ou plutôt une proportion inférieure à $\frac{1}{2000000}$. Dès que l'alcali atteint ou dépasse cette proportion, le tournesol vire immédiatement au bleu.

([1]) Je rappelle qu'on prépare ce réactif en acidifiant par de l'acide sulfurique dilué la teinture de tournesol bleue assez concentrée, jusqu'à ce qu'elle passe au rouge vineux stable, c'est-à-dire que deux ou trois gouttes de cette teinture étendues sur une assiette de porcelaine tiède (30 degrés), laissent, après dessiccation, une tache couleur lie de vin. On ajoute ensuite à la teinture un peu d'acide phénique pour la conserver.

» *Dosage de l'ammoniaque.* — Une fois la présence de l'ammoniaque constatée, on détermine aisément sa proportion, en versant directement dans la liqueur d'essai même, déjà colorée par le tournesol, un acide titré faible jusqu'à l'apparition du rouge vineux primitif.

» L'acide que j'emploie pour le dosage de très-faibles quantités d'alcali est préparé de telle façon que 1 centimètre cube correspond à $0^{mg},1$ d'ammoniaque.

» La simple lecture de la burette fait donc connaître, sans aucun calcul, la quantité de l'alcali cherché. Si, par exemple, on a employé 12 centimètres cubes d'acide, on aura dosé $\frac{12}{10}$ de milligramme, soit $1^{mg},2$ d'ammoniaque.

ÉPREUVES DE LA MÉTHODE.

» *Première série.* — Chacun des essais qui suivent a été opéré sur un décilitre d'une dissolution ammoniacale préparée avec un litre d'eau pure additionnée d'un centimètre cube d'alcali volatil du commerce. Tournesol vineux stable employé = 8 gouttes ou $0^{cc},3$.

» Voici quels ont été les résultats de la titration :

	Acide titré employé.		AzH^3.
	cc		mg
1er essai :	12,8	équivalent à................	1,28
2e essai :	12,9	id.	1,29
3e essai :	12,9	id.	1,29

» Ainsi, l'incertitude dans la titration n'a pas dépassé un centième de milligramme.

» *Deuxième série.* — On a voulu s'assurer du degré de sensibilité de la méthode, en opérant sur une solution ammoniacale à composition exactement connue. Voici les résultats :

Eau distillée pure........................	100^{cc}
Ammoniaque ajoutée......................	$0^{mg},645$
Ammoniaque trouvée......................	$0^{mg},630$
Différence...........	$0^{mg},015$

» Un deuxième essai a donné :

Eau distillée pure........................	100^{cc}
Ammoniaque ajoutée......................	$0^{mg},130$
Ammoniaque trouvée......................	$0^{mg},129$
Différence...........	$0^{mg},001$

» *Observations.* — Pour atteindre ce degré de précision, il est de toute

nécessité de faire usage, surtout pour la préparation de l'acide titré, d'une eau entièrement exempte d'ammoniaque ou de tout autre principe alcalin. Or les eaux distillées des laboratoires sont généralement ammoniacales.

» On trouvera dans mon Mémoire le moyen que je préconise pour obtenir une eau complétement privée d'alcali volatil, ainsi que le mode d'essai très-pratique de la pureté des eaux distillées. »

CHIMIE. — *Sur la préparation de l'acétate de magnésie cristallisé et sur la fermentation de ce sel.* Note de M. L. PATROUILLARD, présentée par M. Pasteur.

« Tous les livres de Chimie, même les plus récents, disent que l'acétate de magnésie est un sel gommeux, déliquescent, très-soluble dans l'eau et dans l'alcool (Berzélius).

» I. J'ai essayé de préparer l'acétate de magnésie à l'état cristallisé. J'ai pesé 600 grammes d'acide acétique cristallisable, et j'ai essayé de saturer par l'hydrocarbonate de magnésie; il ne se fait aucun dégagement de gaz; les expériences de Pelouze ont démontré que dans ces conditions le carbonate de chaux ne se décompose pas. J'ai cherché la quantité minima d'eau qu'il faut ajouter à l'acide cristallisable, pour que l'effervescence se produise. En ajoutant peu à peu l'eau distillée à l'aide d'une burette graduée, et ayant versé 150 centimètres cubes, des bulles se dégagent, et le carbonate disparaît en grande partie. En ajoutant de l'eau distillée, le dégagement se ranime et s'active à la chaleur du bain-marie. Enfin on atteint le terme de la saturation et la liqueur est neutre au papier de tournesol. Elle est versée sur un filtre, et l'on obtient de beaux cristaux transparents en plaçant la solution sous une cloche au-dessus de l'acide sulfurique très-concentré.

» II. Si l'on ajoute à une solution concentrée d'acétate de magnésie un mélange à parties égales d'alcool et d'éther, et si l'on agite ce mélange, par le repos il se dépose une couche concentrée au fond du vase; et le lendemain la couche liquide est transformée entièrement en cristaux à forme rayonnante.

» III. Je n'ai pas encore déterminé la mesure des angles; mais je puis dire que les cristaux exposés à l'air humide sont déliquescents, et placés dans l'air sec efflorescents, ce qui démontre que le sel contient de l'eau de cristallisation.

» IV. *Fermentation de l'acétate de magnésie.* — Quand on place la solution

d'acétate de magnésie dans un vase à large surface, au bout de peu de temps, on voit se produire un voile, qui s'épaissit peu à peu; et l'on voit qu'il se forme au-dessous des granulations solides, qui s'accroissent rapidement, et ressemblent à des stalactites. Celles-ci se détachent, tombent au fond du vase; d'autres se produisent et tombent à leur tour, et ainsi de suite, jusqu'à ce que tout l'acétate de magnésie ait été transformé. Le produit principal de cette fermentation est du carbonate de magnésie; il se fait aussi du formiate de magnésie, caractérisé par la réduction du nitrate d'argent et du nitrate de mercure. Enfin il y aurait aussi de l'esprit-de-bois, d'après l'odeur du liquide fermenté. Je n'ai pu encore étudier au microscope la structure du ferment. Je poursuis ces recherches. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un mode de production simple de certains acides mono, bi et trichlorés.* Note de M. **E. Demarçay**, présentée par M. Cahours.

« En faisant réagir le perchlorure de phosphore sur l'éther acétylacétique, Fralich, puis Geuther ont obtenu deux acides crotoniques monochlorés isomères. Il m'a semblé que ce procédé, généralisé, pourrait servir à préparer avec facilité un certain nombre des acides de la série $C^nH^{2n-3}ClO^2$. Si, en effet, on considère les produits de substitution de l'éther acétylacétique, on peut les rapporter aux deux types

$$CH^3\text{-}CO\text{-}CHX\text{-}CO^2C^2H^5$$

et

$$CH^3\text{-}CO\text{-}CXY\text{-}CO^2C^2H^5,$$

où X et Y représentent des radicaux d'alcools. Si l'on soumet ces composés à l'action d'une molécule de perchlorure de phosphore, on obtient un dégagement abondant d'acide chlorhydrique en même temps qu'il se produit l'éther d'un nouvel acide monochloré. Il est à remarquer qu'il ne se produit pas deux isomères, comme cela avait lieu dans la réaction étudiée par Geuther, ou tout au moins l'un des deux est-il en quantité peu appréciable. La réaction peut s'exprimer par l'équation suivante :

$$CH^3CO\text{-}CHX\text{-}CO^2C^2H^5 + PhCl^5 = PhCl^3O + HCl CH^3CCl = CX\text{-}CO^2C^2H^5;$$

il se pourrait pourtant que l'éther produit eût pour formule

$$CH^2 = CCl\text{-}CHX\text{-}CO^2C^2H^5.$$

» C'est ce qu'il sera facile de vérifier en examinant les produits de réduction de ces composés par l'amalgame de sodium, réduction qui, bien que longue, finit cependant par être complète.

» J'ai préparé jusqu'ici par ce moyen les acides *méthyl, éthyl, propyl, isopropyl* et *allylcrotonique monochlorés*. Ce sont des corps bien cristallisés, présentant des caractères parfaitement nets. Les rendements de ces opérations étant considérables, il me sera facile d'examiner à fond les propriétés de ces corps. Le dernier d'entre eux, l'éther allylcrotonique monochloré, présente un intérêt spécial en ce sens qu'il appartient à la série peu connue

$$C^nH^{2n-5}ClO^2.$$

Si, au lieu de prendre le dérivé

$$CH^3\text{-}CO\text{-}CHX\text{-}CO^2C^2H^5,$$

on prend

$$CH^3\text{-}CO\text{-}CXY\text{-}CO^2C^2H^5,$$

et qu'on le soumette à l'action du perchlorure de phosphore, on obtient des acides appartenant à un type tout différent et qui se rapprochent des acides dérivés des alcools tertiaires. J'ai préparé de cette façon l'éther

$$CH^2=CCl\text{-}C(CH^3)^2\text{-}CO^2C^2H^5.$$

» On peut enfin préparer des acides d'une classe toute différente appartenant à la série

$$C^nH^{2n-6}Cl^2O^2;$$

pour cela il suffit que le radical X du corps

$$CH^3\text{-}CO\text{-}CHX\text{-}CO^2C^2H^5$$

soit, par exemple, l'acétyle; dans ces conditions j'ai obtenu, par l'action du perchlorure de phosphore, un acide isomère ou identique à un dérivé bichloré de l'acide sorbique

$$(CH^3\text{-}CO)^2=CH\text{-}CO^2C^2H^5+2PhCl^5=2HCl+2PhCl^3O$$

$$+\begin{matrix}CH^2=CCl\diagdown\\CH^3=CCl\diagup\!\!\!\diagup\end{matrix}CC\text{-}O^2C^2H^5.$$

» On peut enfin remplacer les deux radicaux X et Y du corps

$$CH^3\text{-}CO\text{-}CXY\text{-}CO^2C^2H^5$$

par de l'acétyle; dans ce cas, on obtiendra très-probablement le composé

$$(CH^2=CCl)^3\equiv C\text{-}CO^2C^2H^5,$$

qui appartient à une série isomère de celle de la benzine. Je n'ai pas encore préparé ce dernier composé, que je me propose d'obtenir.

» Je poursuis l'étude approfondie des divers corps dont j'ai réalisé la formation et dont je viens d'indiquer sommairement le mode de préparation.

» Ce travail a été exécuté au laboratoire de M. Cahours, à l'École Polytechnique. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Transformation de l'acide pyrotartrique normal en acide dibromopyrotartrique et en acide dibromosuccinique.* Note de MM. **E. Reboul** et **E. Bourgoin**, présentée par M. Berthelot.

« L'action du brome sur l'acide pyrotartrique normal, dans la proportion de 2 molécules du premier corps pour 1 du second, est assez complexe; elle varie d'ailleurs avec la température à laquelle la réaction a lieu, et aussi avec la quantité d'eau en présence de laquelle on opère.

» Lorsque l'on chauffe en vase clos à 145 degrés $8^{gr},5$ d'acide pyrotartrique normal avec 21 grammes de brome et 10 centimètres cubes d'eau, le brome est complétement absorbé en moins de deux heures. A l'ouverture des tubes, il se dégage de l'acide bromhydrique en abondance, accompagné d'un mélange à volumes à peu près égaux d'acide carbonique et d'oxyde de carbone. A l'évaporation, le liquide aqueux se colore fortement en rouge, et il est impossible d'en retirer aucun principe défini. Cette expérience démontre que l'acide pyrotartrique normal est facilement attaqué par le brome et que sa stabilité, vis-à-vis de cet agent, est loin d'être aussi grande que celle de son homologue inférieur, l'acide succinique.

» Si l'on recommence l'expérience en maintenant la température à 118-120 degrés, il faut environ neuf heures pour que le brome disparaisse. De l'acide bromhydrique et de l'acide carbonique prennent seulement naissance. Par le refroidissement, le contenu du tube, qui est incolore et transparent, laisse déposer spontanément une notable quantité de cristaux peu solubles dans l'eau froide, très-solubles dans l'eau bouillante, dans l'alcool et dans l'éther. Soumis à l'action de la chaleur, ils ne fondent pas; vers 200 degrés, ils se colorent légèrement; au-dessus de cette température,

ils se décomposent complétement et disparaissent presque sans résidu. En un mot, ils possèdent les propriétés de l'acide dibromosuccinique, dont ils offrent aussi la composition, comme le montrent les analyses suivantes :

» 1° 0,2445 ont donné 0,036 eau et 0,158 acide carbonique, d'où

	Expérience.	Théorie.
C..........	17,5	17,4
H..........	1,6	1,4.

2° $1^{gr},002$ (SHO^4) étant saturé par 852 div. d'eau de baryte, 0,305 de matière ont exigé 92 div.; d'où l'on déduit pour le poids moléculaire

$$\frac{852 \times 98 \times 0,305}{1,002 \times 92} = 276,2.$$

» Celui de l'acide bibromosuccinique est 276.

» La formation de l'acide bibromosuccinique aux dépens de l'acide pyrotartrique normal est intéressante; elle montre qu'il existe entre ce dernier et l'acide succinique une relation très-étroite et vient confirmer l'opinion émise par l'un de nous, que ces deux acides sont véritablement homologues. C'est une nouvelle preuve, et des plus directes, à ajouter à celles qui ont déjà été données : formation par le cyanure de triméthylène, points d'ébullition de l'éther éthylique et du chlorure pyrotartriques, comparés à ceux des composés correspondants de l'acide succinique.

» Quant au mécanisme de la réaction, nous pensons que le brome commence par transformer l'acide pyrotartrique en son dérivé dibromé, lequel, par une action ultérieure et oxydante du brome en présence de l'eau, se dédouble en acide dibromosuccinique, acide carbonique et eau. L'expérience suivante, qui a permis d'isoler l'acide dibromopyrotartrique, vient confirmer cette manière de voir.

» $7^{gr},2$ d'acide pyrotartrique normal ont été traités par 18 grammes de brome en présence de 15 centimètres cubes d'eau, à 100 degrés en tube scellé. Il a fallu quatre-vingt-dix heures environ pour que le brome fût absorbé. Par refroidissement, il s'est déposé au fond du tube un peu d'acide bibromosuccinique et une petite quantité d'un liquide oléagineux. A l'ouverture des tubes, il se dégage de l'acide carbonique. La liqueur aqueuse a été d'abord évaporée au bain-marie, puis dans un vide de 2 centimètres cubes de mercure sur de la potasse pulvérisée. Elle s'épaissit peu à peu et dépose lentement de petits mamelons groupés en choux-fleurs. Ces premiers cristaux sont très-solubles dans l'alcool et dans l'éther. Traités par une petite quantité d'eau froide, ils laissent un résidu d'acide dibro-

mosuccinique. La solution aqueuse évaporée dans le vide, sur l'acide sulfurique, abandonne des cristaux mous, fusibles à 101-102 degrés, ne contenant plus que des traces d'acide dibromosuccinique.

» Voici leur analyse.

» 0,128 ont fourni 0,166 de bromure d'argent, d'où Br = 55,2. La formule $C^5H^6Br^2O^4$ exige Br = 55,2. C'est donc de l'acide pyrotartrique dibromé [1].

» Quant au liquide oléagineux dont nous venons de parler plus haut, lavé avec une dissolution étendue de potasse caustique, puis dissous dans de l'éther alcoolisé, il abandonne par évaporation de beaux cristaux fusibles à 54-55 degrés. C'est le corps découvert par l'un de nous, l'hydrure d'éthylène tétrabromé. Il est accompagné d'une petite quantité d'un autre carbure bromé, fondant vers 45-46 degrés, qui est peut-être le propane tétrabromé, corps qui n'a pas encore été décrit. Quoi qu'il en soit, on sait que l'hydrure d'éthylène tétrabromé résulte de la transformation de l'acide bibromosuccinique en acide tribromé; que ce dernier, perdant HBr, donne de l'acide bibromomaléique, lequel, en présence du brome et de l'eau, abandonne tout son oxygène à l'état d'acide carbonique.

» Nous ajouterons, en terminant, que l'acide pyrotartrique normal, dont nous nous sommes servis, dérivé du bromure de triméthylène (164-165 degrés corrigés), par une méthode déjà décrite, était fort pur; il fondait à 96-97 degrés, et bouillait d'une manière constante à 299 degrés (corrigé) ».

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'acide chlorochromique sur l'anthracène.* Note de M. A. HALLER.

« Voulant mettre à profit l'action à la fois oxydante et chlorurante de l'acide chlorochromique, je l'ai fait agir sur l'anthracène, de façon à obtenir l'anthraquinone bichlorée qui, traitée par la potasse, m'aurait donné l'alizarine.

» 10 grammes d'anthracène furent donc dissous dans de l'acide acétique cristallisable et traités par 30 grammes d'acide chlorochromique débarrassé

---

[1] Les cristaux fournis vers la fin de la concentration du sirop dans le vide fondaient vers 92 degrés. 0,371 ont donné 0,320 acide carbonique et 0,079 eau, d'où C = 23,5; H = 2,3. La formule de l'acide dibromopyrotartrique exige : C = 20,7; H = 2,1; et celle de l'acide monobromé, C = 28,4; H = 3,3. C'est donc un mélange des deux corps dans lequel le premier domine de beaucoup.

de chlore par un courant de CO^2; la liqueur verte fut versée dans de l'eau distillée; le précipité jaunâtre recueilli sur le filtre, lavé et séché, fut en partie sublimé dans une cornue et en partie dissous dans de l'alcool.

» Le sublimé et les cristaux obtenus par cristallisation se présentèrent sous forme de magnifiques aiguilles possédant toutes les propriétés de l'anthraquinone. Elles étaient solubles dans l'acide sulfurique concentré avec coloration jaune rougeâtre, l'eau reprécipitait de la dissolution la majeure partie du produit; fondues avec de la potasse, elles me donnèrent une masse violette, qui, par dissolution dans l'eau, se décolora en partie en précipitant de l'anthraquinone inaltérée. La solution potassique, acidulée par de l'acide azotique, filtrée et traitée par le nitrate d'argent, ne donna pas de précipité de chlorure d'argent; donc le produit obtenu ne renfermait pas de chlore et était de l'anthraquinone pure.

» Je me propose de continuer cette étude, ainsi que celle de l'action de l'acide chlorochromique sur le camphre et sur les amines aromatiques. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la constitution de la pseudopurpurine; suite des recherches sur les matières colorantes de la garance;* par M. **A. Rosenstiehl.**

« En continuant mes recherches sur les matières colorantes de la garance, j'ai observé des faits qui ont pour conséquence de modifier, non pas les conclusions générales de mes Notes précédentes, mais les idées reçues sur la constitution de la pseudopurpurine; par suite, l'interprétation que j'ai donnée des modes de formation de la purpurine et de la matière colorante jaune qui l'accompagne devra aussi être modifiée. Le but de la présente Note est de fixer l'état actuel de la question, et de me réserver le droit de continuer mes recherches dans le sens que je vais préciser.

» 1. MM. Schunk et Rœmer [1] viennent de publier une Note sur une matière colorante jaune, qu'ils ont obtenue en traitant de grandes quantités de purpurine dans le but de la purifier. Ils considèrent cette matière comme nouvelle; mais en réalité, par l'ensemble de ses propriétés physiques et chimiques, elle est identique avec l'orange de garance de Runge, et avec

---

[1] *Berichte der deut. chem. Gesellschaft*, t. X, p. 172; février 1877.

le corps que j'ai désigné sous le nom de *purpurine* ε. Ce travail complète et rectifie le mien, qui a été exécuté avec trop peu de matière première. MM. Schunk et Rœmer attribuent à ce corps la formule $C^{15}H^{8}O^{6}$ que je suis disposé à admettre d'autant plus aisément que toutes les métamorphoses que j'ai signalées pour la matière colorante jaune s'accordent bien avec elle.

» Je ne saurais opposer à cette formule mes propres analyses (¹), par la raison que MM. Schunck et Rœmer ont opéré sur des quantités de matière relativement grandes avec un produit bien cristallisé, tandis que je n'ai possédé que peu de produit sous forme nette. Les diverses méthodes de préparation que j'ai indiquées, même la méthode synthétique, ne donnent que des rendements qui ne dépassent pas 1 pour 100.

» La réaction fondamentale sur laquelle les auteurs appuient leur formule est le dédoublement que subit ce corps par l'action de la chaleur en purpuroxanthine et en acide carbonique. On a, en effet

$$C^{15}H^{8}O^{6} = C^{14}H^{8}O^{4} + CO^{2}.$$

Ils pensent que ce corps résulte de l'oxydation d'une substance plus complexe accompagnant la purpurine.

» Je vais démontrer qu'elle peut être considérée comme résultant de la réduction de la pseudopurpurine.

» 2. D'après MM. Schützenberger et Schiffert, la molécule de la pseudopurpurine contiendrait 2 atomes d'oxygène de plus que la purpurine.

Cette dernière étant.	$C^{20}H^{12}O^{7}$
La pseudopurpurine serait.	$C^{20}H^{12}O^{9}$

» Cette relation simple explique le fait observé par les auteurs que la pseudopurpurine se transforme en purpurine par la sublimation, ou par l'action de l'alcool à + 200° C.

» Quand les travaux de MM. Graebe et Liebermann eurent fixé la constitution de l'alizarine, ils proposèrent pour la pseudopurpurine $C^{14}H^{8}O^{6}$, d'après laquelle elle aurait été une tétraoxyanthraquinone et aurait contenu un atome d'oxygène de plus que la purpurine.

» MM. Graebe et Liebermann ont fait remarquer à cette occasion que les analyses de MM. Schützenberger et Schiffert s'accordent aussi bien avec

(¹) J'ai trouvé C = 65,49. H = 3,63; le calcul pour $C^{14}H^{8}O^{5}$ demande C = 65,62, H = 3,12.

la formule $C^{20}H^{12}O^{9}$ qu'avec celle qu'ils proposaient. On a, en effet

	$C^{20}H^{12}O^{9}$	$C^{14}H^{6}O^{6}$	Trouvé.
C....................	60,60	61,76	61,00
H....................	3,03	2,94	3,00

» Quand plus tard j'ai reconnu que la transformation de la pseudopurpurine en purpurine a lieu en présence de l'eau à 100 degrés et même au-dessous, j'ai interprété cette réaction, en me basant sur les formules ci-dessus, en la considérant comme une réduction qui aurait eu lieu au détriment d'une partie de la substance même de la pseudopurpurine; divers produits secondaires, acides et cristallisés, dont j'ai observé la formation, justifiaient jusqu'à un certain point cette interprétation.

» Toutefois, si ces rapports avaient été réellement tels qu'ils étaient admis, on aurait dû pouvoir transformer la purpurine en pseudopurpurine par oxydation; en réalité, j'ai appliqué méthodiquement à la purpurine la plupart des procédés d'oxydation connus, sans arriver à aucun résultat.

Choisissant alors une voie détournée, j'ai préparé le dérivé sulfurique de la purpurine, et j'ai employé des méthodes propres à substituer le groupe (HO) au groupe ($SO^{3}H$) dans ce corps.

» Mais je n'ai pas obtenu de substance ressemblant à la pseudopurpurine. Étonné de cette résistance singulière, j'ai entrepris d'étudier la pseudopurpurine indépendamment de toute idée préconçue; l'ayant chauffée en vase clos, muni d'un tube de dégagement, dans le but de la convertir en purpurine par l'action de la chaleur seule, sans l'intervention d'aucun autre corps, j'ai constaté qu'à 180 degrés elle dégage très-régulièrement de l'acide carbonique pur. Pour doser ce gaz, j'ai opéré sur de la pseudopurpurine, préalablement séchée à 100 degrés dans le vide; la perte de poids a été de 14,4 pour 100; le calcul exige 14,6 dans le cas où l'on représenterait le dédoublement par

$$\underbrace{C^{15}H^{8}O^{7}}_{\text{Pseudopurpurine.}} = \underbrace{CO^{2} + C^{14}H^{8}O^{5}}_{\text{Acide carbonique + purpurine.}}$$

» La composition centésimale qui correspondrait à cette formule ne s'éloigne pas notablement de celle trouvée par MM. Schützenberger et Schiffert.

	Calcul.	Expériences (Schützenberger et Schiffert).
C..................	60,00	61,00
H..................	2,66	3,00

» La différence peut s'expliquer par la présence d'un peu de purpurine

dans le produit analysé, et que l'on en sépare très-difficilement. La purpurine contient C = 65,62, H = 3,12.

» L'accord est suffisant pour autoriser une étude de ce corps sous ce point de vue, et pour tenter sa production synthétique en se basant sur ces données; c'est ce que je me réserve de faire. En admettant que la constitution de la pseudopurpurine soit bien celle que je viens d'indiquer, il y a entre elle et l'orange de garance la même relation qu'entre la purpurine et la purpuroxanthine.

$$\underbrace{C^{15}H^{8}O^{7}}_{\text{Pseudopurpurine.}} - O = \underbrace{C^{15}H^{8}O^{6}}_{\text{Orange de garance.}}$$

$$\underbrace{C^{14}H^{8}O^{5}}_{\text{Purpurine.}} - O = \underbrace{C^{14}H^{8}O^{4}}_{\text{Purpuroxanthine.}}$$

» On s'expliquerait aussi mieux pourquoi la pseudopurpurine en solution alcaline se convertit même à froid en purpurine, l'action de l'alcali étant de lui enlever les éléments de l'acide carbonique.

» Cette discussion justifie mes conclusions générales : la pseudopurpurine, la plus compliquée des matières colorantes de la garance, est assez instable pour produire par sa destruction partielle (excepté l'alizarine), les autres matières colorantes trouvées dans la garance. »

PHYSIOLOGIE. — *Expériences sur la tonicité musculaire.* Note de M. G. **Carlet**, présentée par M. Milne Edwards.

« Aucune des expériences déjà entreprises sur la tonicité musculaire ne relate un fait que j'ai constamment observé dans mes recherches, savoir : le raccourcissement plus ou moins prolongé d'un muscle après la section du nerf qui s'y rend et avant l'apparition du relâchement définitif.

» Ce fait me paraît important, non-seulement par lui-même et ses applications à la Pathologie, mais encore parce qu'il permet de se rendre un compte exact de l'expérience classique de Brondgeest, qui, je crois, a été jusqu'ici mal interprétée. Ce physiologiste suspend une grenouille par la tête et sectionne la moelle épinière, puis les nerfs lombaires d'un côté seulement. Il en résulterait aussitôt, d'après lui, que la patte du côté où le plexus a été coupé pendrait absolument flasque à côté de l'autre qui garde une position demi-fléchie, due à la tonicité de ses muscles.

» J'ai répété, un grand nombre de fois, l'expérience de Brondgeest, en sectionnant soit le plexus lombaire, soit le nerf sciatique, et j'ai vu que le

résultat annoncé, loin de se produire toujours, n'est souvent pas sensible, et que, quelquefois même, on observe une inflexion plus accentuée dans la patte du côté opéré. Du reste, je vais démontrer que si, aussitôt après la section nerveuse, on observe l'allongement de la patte correspondante, celui-ci se produit, non pas parce que les muscles deviennent *flasques*, mais bien au contraire parce qu'ils sont *rigides* et comme contracturés.

» Il faut remarquer que l'expérience de Brondgeest est plus complexe qu'elle ne semble au premier abord. Elle ne traduit pas un effet unique, mais donne la résultante des effets qui se produisent à la fois dans les fléchisseurs et les extenseurs, ainsi que dans le jeu des articulations, après la section des nerfs. Pour que cette expérience fût concluante, il faudrait d'abord qu'elle donnât toujours le même résultat, et, ensuite, que l'effet de la section nerveuse fût étudié sur un seul et même muscle isolé de ses antagonistes. Je crois avoir réalisé ces conditions en opérant de la manière suivante :

» 1° Sur une grenouille dont la moelle épinière est coupée, je mets à nu les gastrocnémiens que je détache à leur insertion inférieure, et je sectionne, de chaque côté, l'os de la jambe. Je suspends alors la grenouille, par la tête, entre deux montants verticaux et j'attache aux tendons des gastrocnémiens deux poids égaux qui exercent sur eux une traction suffisante. Après avoir attendu que l'équilibre soit établi, je tends, d'un montant à l'autre, un fil de soie tangent aux deux poids et qui servira de repère. Je sectionne alors, d'un seul côté, le nerf sciatique, et je détermine ainsi une secousse qui soulève brusquement le poids correspondant. Celui-ci ne revient pas immédiatement à sa position première, et il faut quelquefois attendre plus d'une heure avant que ce retour s'effectue.

» 2° Pour apporter encore plus de précision dans l'observation du phénomène de raccourcissement du muscle, je me suis servi du myographe de Marey et j'ai constamment vu qu'après la section du sciatique le levier fixé au tendon du gastrocnémien correspondant ne revient à sa position première qu'après un temps plus ou moins long. Dans une de mes expériences, il a fallu plus de huit heures pour que le muscle reprît sa longueur primitive.

» A quoi faut-il attribuer le raccourcissement du muscle, après la section du nerf? Sans aucun doute, à la mise en jeu, par la section, de l'excitabilité du nerf, celle-ci se trouvant alors augmentée, comme l'a démontré M. Faivre. Sur plus de cent expériences que j'ai faites, j'ai été deux fois assez heureux pour ne pas déterminer de secousse en coupant le nerf, étant probablement tombé sur un de ces *nœuds* dont Budge signale l'existence dans les nerfs. Dans ces conditions de *non-excitation* du nerf, il n'y eut pas de raccourcissement du muscle et le relâchement commença à se manifester aussitôt. Il faut ici mettre de côté toute explication basée sur l'effet de la

section des vaso-moteurs, car le fait que je signale se produit de même après la ligature ou la section de l'artère.

» On voit donc, d'après ce qui précède, que si, dans l'expérience de Brondgeest, on obtient un allongement du membre, aussitôt après la section du nerf, cela tient à ce que, les muscles extenseurs étant, comme on le sait, plus puissants que les fléchisseurs, le raccourcissement des premiers l'emporte sur celui des seconds et alors le membre s'étend non par *flaccidité*, comme on le dit, mais par *rigidité*, ainsi que je viens de le démontrer.

» Il faut rapprocher ces résultats physiologiques de ceux bien connus des pathologistes, et maintenant plus faciles à comprendre, tels que, par exemple, la contracture qui suit la piqûre des nerfs et celle qui précède si souvent la paralysie. »

ZOOLOGIE. — *Sur les modifications que subit l'œuf des Méduses phanérocarpes avant la fécondation*. Note de M. A. GIARD.

« Nous prendrons pour type l'œuf de *Rhizostoma Cuvieri*. Cette belle Méduse est rejetée en grande abondance pendant tout l'automne sur la plage de Wimereux, avec *Chrysaora hyoscella* et quelques autres Acalèphes.

» Les œufs les plus petits pris dans l'ovaire sont formés par un vitellus transparent renfermant une vésicule germinative et un nucléole. On n'y reconnaît pas encore de membrane d'enveloppe. A mesure que l'œuf grandit, sa transparence diminue; le vitellus se charge de deutoplasme et la vésicule germinative devient moins facile à apercevoir; en même temps, on distingue à la périphérie une membrane vitelline très-délicate, intimement appliquée contre le vitellus. A un stade ultérieur, l'œuf présente à sa périphérie une série de sphérules également réparties sur toute sa surface, remplies d'une substance parfaitement hyaline et séparées de la membrane externe par une mince couche de protoplasme granuleux, identique à celui qui occupe le centre et recouvre la vésicule germinative. Une coupe optique de l'œuf peut alors être comparée grossièrement à celle d'une jeune tige végétale, au moment de l'apparition du premier cercle de faisceaux vasculaires qui divisent le parenchyme en trois parties : l'une centrale, l'autre périphérique, la troisième radiale, reliant les deux premières. Les sphérules hyalines s'accroissent rapidement, deviennent tangentes entre elles en même temps qu'elles atteignent la membrane vitelline. A un faible grossissement, il semble que le vitellus soit entouré d'une couche de cellules

qui se projettent à sa périphérie suivant des rectangles. A un grossissement plus considérable, on voit que la masse protoplasmique granuleuse centrale est reliée à la membrane vitelline par une foule de petites colonnettes élargies à leurs deux extrémités comme les colonnes formées dans une grotte par la réunion des stalactites et des stalagmites. Ces colonnettes sont constituées par un protoplasme moins granuleux que celui du centre de l'œuf. Enfin, au moment où l'œuf arrive à maturité, les colonnettes se rompent et ne laissent plus d'autre trace que de très-légers épaississements de la membrane vitelline aux points qui leur servaient d'attache. On a donc alors une masse granuleuse centrale dans laquelle la vésicule germinative n'est plus directement observable, et autour de cette masse une zone transparente qui la sépare de la membrane vitelline.

» Le professeur Harting a vu sur les œufs de *Cyanea Lamarckii* et de *C. capillata* le stade où existent les colonnettes ([1]), mais n'ayant pas suivi complétement les phases antérieures, il a donné une interprétation fautive des apparences observées. Il considère les œufs des Cyanées comme pourvus d'une membrane vitelline d'une épaisseur assez grande et percés d'un très-grand nombre de pores conduisant de l'extérieur à l'intérieur, tels, dit-il, qu'on les retrouve dans l'œuf de quelques Mammifères, peut-être chez tous et aussi chez l'œuf de plusieurs poissons téléostéens, où ces pores acquièrent cependant des dimensions beaucoup plus considérables. Il est évident que ces prétendus pores ne sont autre chose que les colonnes d'un protoplasme plus clair dont nous avons parlé. Ainsi tombent également les suppositions de Harting relativement au rôle physiologique de ces pores qu'il croit pouvoir servir à la respiration de l'œuf et peut-être aussi au passage des spermatozoïdes.

» Les précédentes observations ont été faites à Wimereux pendant le mois de septembre 1875. Elles font partie d'un ensemble de recherches non encore achevées sur le développement des Médusaires, et je ne me décide à les publier aujourd'hui que parce qu'elles me paraissent acquérir une généralité et une importance beaucoup plus grandes que je ne l'aurais supposé d'abord, grâce aux magnifiques recherches de Weismann sur l'œuf des Daphnoïdés (Clodocères) ([2]).

» Weismann a observé un processus tout à fait semblable à celui que

---

([1]) HARTING, *Notices zoologiques.* (*Niederlandisches Archiv.*, Bd II, Heft III).

([2]) WEISMANN, *Zur Naturgesch. der Daphnoiden.* (*Zeitschrift für Wiss. Zoologie*, XXVIII Bd, 1 et 2 Heft.)

nous venons de décrire dans la formation de ce qu'il appelle la coque (*schale*) de l'œuf d'hiver des genres *Polyphemus, Sida* et *Daphnella*. Il est remarquable que, dans ce cas comme dans celui des Méduses, l'œuf subit une incubation assez longue dans un milieu spécial fourni par l'organisme maternel.

» L'excrétion des vésicules hyalines qui se produit sur toute la périphérie du vitellus de l'œuf de *Rhizostoma* pourrait, chez d'autres animaux, être limitée en un point de la surface; le phénomène prendrait alors l'apparence de la sortie de globules excrétés. On peut, en présence de ce processus, se demander si les phénomènes fréquemment signalés de rejet d'une certaine partie du vitellus au moment de la maturation de l'œuf doivent être considérés comme équivalents chez tous les animaux où on les a observés. Bütschli a montré de la façon la plus nette que les corpuscules de direction de l'œuf de *Limnæus*, de *Succinea*, de *Nephelis vulgaris* et de *Cucullanus elegans* prennent naissance par le procédé de division cellulaire. Je puis ajouter qu'il en est de même chez les *Salmacina Dysteri* et les *Spirorbis*. Chez ces divers animaux, les corpuscules excrétés ont la valeur de *cellules rudimentaires* ayant une signification atavique et ne peuvent être convenablement appelés *corpuscules de rebut*. Ce nom convient, au contraire, aux matériaux non cellulaires qui, rejetés par le vitellus, servent à la formation d'organes accessoires de l'œuf, par exemple de la coque ou de la membrane vitelline. Telles sont les vésicules hyalines de l'œuf de *Rhizostoma Cuvieri*. »

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge du soulèvement de la Margeride*. Note de M. G. FABRE, présentée par M. Daubrée.

« Nous avons fait connaître, il y a quatre ans ([1]), que le plateau granitique du mont Lozère avait dû être partiellement recouvert par les eaux de la mer jurassique. Or le mont Lozère est un plateau de 400 kilomètres carrés de superficie, qui s'élève jusqu'à 1702 mètres d'altitude. Il s'agissait donc d'un soulèvement considérable, et d'une extension assez inattendue de la mer jurassique dans ces régions. Les preuves données en faveur de cette extension étaient de deux ordres : la similitude des dépôts de part et d'autre du plateau, et leur buttement par faille contre les roches cristallines.

([1]) *Comptes rendus*, t. LXXVI, p. 890. — *Bulletin de la Soc. géologique de France*, 3e série, t. I, p. 305.

» Des recherches postérieures nous permettent aujourd'hui d'affirmer que les montagnes élevées qui entourent le massif du mont Lozère ont participé à ces mouvements post-jurassiques. Des lambeaux d'infra-lias ont été trouvés par nous sur le sommet des montagnes aux altitudes suivantes :

Montagnes de Mercoire..................	1463^{m}
Chaîne du Goulet..................	1325^{m}
Massif de la Boulaine..........	1294^{m}

» Mais, de toutes ces découvertes, la plus importante est sans contredit celle relative aux montagnes de la Margeride.

» La Margeride est une longue chaîne granitique qui s'étend depuis Mauriac (Cantal) jusqu'aux environs de Mende; l'extrémité méridionale s'élargit en un vaste plateau élevé (1350 mètres), connu sous le nom de *Palais-du-Roi*. Du côté de l'ouest, ce plateau se termine brusquement par une longue falaise rectiligne depuis Estables jusqu'à la Rouvière. Au pied s'étend une région de plateaux calcaires infra-liasiques, qui s'inclinent légèrement vers le sud.

» Tout le long de l'escarpement granitique, on peut observer avec la plus grande netteté que les strates calcaires viennent butter par failles contre la roche cristalline, sans que le contact ait aucune des apparences physiques d'un rivage; ainsi on n'y trouve ni perforations de coquilles lithophages, ni cailloux roulés, etc.

» De plus, si l'on gravit l'escarpement granitique pour parcourir ensuite attentivement les immenses déserts du Palais-du-Roi, on parvient à découvrir, sous l'épais manteau de gazon et de tourbe qui tapisse partout le sol, divers lambeaux d'arkose infra-liasique à l'altitude de 1350 mètres. Ils constituent un mince revêtement superposé au granite. Le plus considérable parmi ces îlots de terrain sédimentaire forme un plateau d'un kilomètre carré d'étendue, entre les hameaux de Combes et de Pelouse ; il s'incline légèrement vers le sud-est et se relie par les *causses* de Pelouse aux dépôts jurassiques de la plaine de Montbel, 1202 mètres [1].

» L'ensemble de ces faits conduit à considérer le massif méridional de la Margeride comme le résultat de deux phénomènes, postérieurs l'un et l'autre à l'époque jurassique :

» 1° Production d'une grande faille dirigée 154 degrés ;

» 2° Élévation de la lèvre orientale, et dénivellation de plus de 300 mètres.

---

[1] G. Fabre, *Bulletin de la Soc. géologique de France*, 2e série, t. XXIX, p. 425.

» L'âge exact de ces deux phénomènes ne peut, en l'état actuel de nos connaissances, être précisé. L'orientation moyenne de la fracture ne se rapproche suffisamment d'aucune direction connue pour qu'on puisse la rattacher de prime abord à un des systèmes de montagne déjà étudiés. Tout ce qu'il est possible d'affirmer, c'est que le *système de la Margeride*, tel qu'il est défini par les auteurs (¹), ne répond dans cette chaîne de montagnes à aucune ligne géologique, mais seulement à une direction *moyenne* de la ligne de faîte.

» En particulier, la séparation orientale des granites et des schistes, sur laquelle on s'est jusqu'ici basé pour établir le système de la Margeride, ne se fait pas suivant une ligne droite nord-nord-ouest; elle emprunte au contraire des directions multiples dont *aucune* n'est parallèle à la crête de la Margeride et dont les principales sont 5, 66, 99, 139, 184 degrés.

» En résumé, il résulte de nos études que :

» 1° Le système de montagnes dit *de la Margeride* ne correspond, dans la partie méridionale de cette chaîne, à aucune ligne géologique;

» 2° Le soulèvement du massif de la Margeride est dû à une faille 154 degrés, qui est postérieure à l'époque jurassique.

» 3° La mer jurassique (infra-lias) a recouvert de ses eaux la région des hauts-plateaux du Palais-du-Roi (1350 mètres). »

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la formation des orages*. Note de M. **Ch. Zundel**, présentée par M. Faye.

« 1° Les orages sont, de beaucoup, plus fréquents dans la seconde moitié du jour. Les orages de nuit, comme l'orage à grêle de Genève, et surtout ceux du matin, sont assez rares. Il faut donc que les surfaces continentales échauffées soient aussi un facteur nécessaire à leur formation. Les couches inférieures de l'air en contact avec le sol échauffé se dilatent fortement. Cet effet, se communiquant de proche en proche, surélèvera les couches plus élevées, au-dessus de leur niveau. Ces couches, de mouvement horizontal nul ou peu accusé, viendront s'élever comme un obstacle dans les courants rapides supérieurs, venant d'ordinaire du sud-ouest; et comme, dans le courant d'un fleuve, les tourbillons se forment

---

(¹) Vézian, *Prodrome de Géologie*, t. II, p. 463.

derrière un rocher qui le brise, les tourbillons d'orage se formeront à côté ou derrière ces rochers aériens.

» 2° Dans l'entonnoir que forme un tourbillon de nos cours d'eau, la pression de haut en bas que supporte l'eau, dans le centre, à une certaine profondeur au-dessous du niveau, est plus faible que celle supportée par les particules liquides de la même tranche horizontale à une certaine distance de l'axe. Le centre d'un cyclone ou tourbillon aérien doit donc participer à la basse pression d'une couche d'air supérieure qu'il aspire, et cette pression sur le même plan horizontal ira en croissant à mesure qu'on s'éloigne de l'axe.

» 3° Un exemple pour faire saisir au public la cause du mouvement tournant est celui d'un patineur lancé à toute vitesse, qui en rencontre un autre marchant moins vite et le prend par la main : le premier sera entraîné en cercle, et tournera autour de son compagnon tout en l'entraînant avec lui.

» Pour faire saisir pourquoi les spires du tourbillon se rapprochent de plus en plus de l'axe, il faut appuyer sur ce fait, que les eaux de la surface, en se précipitant de la circonférence vers le centre plus déprimé, seront animées d'un triple mouvement circulaire, du haut en bas, et centripète; de ces trois mouvements combinés résulte la forme en cône renversé de la masse en mouvement.

» 4° En observant des tourbillons que notre rivière débordée formait derrière la culée d'un pont, je voyais presque constamment deux, trois, quatre tourbillons plus petits, englobés dans un autre plus grand, en formation, ce qui lui donnait passagèrement une forme allongée, triangulaire, irrégulière. Cela n'expliquerait-il pas la forme peu régulière des taches solaires qui sont rarement exactement circulaires, et répondrait-il à une des objections que l'on fait à la théorie des tourbillons solaires? »

M. Cl. Bernard fait hommage à l'Académie, de la part de M. Bourneville, d'un Ouvrage intitulé : *Recherches cliniques et thérapeutiques sur l'épilepsie et l'hystérie,* et présente les remarques suivantes :

« Ce volume contient un Mémoire relatif à l'emploi du sulfate de cuivre dans l'épilepsie où se trouve l'observation d'une malade qui avait pris, en quatre mois, 43 grammes de sulfate de cuivre ammoniacal. Elle mourut de tuberculose pulmonaire deux mois et demi après la cessation du traitement. M. Bourneville a eu l'heureuse idée de conserver le foie et d'en faire

analyser des fragments par deux chimistes, afin d'avoir des résultats plus certains. Le premier, M. Yvon, trouva, pour la totalité du foie, 236 milligrammes de cuivre; le second, M. A. Robin, 138 milligrammes. Cette différence conduisit M. Bourneville à confier un autre fragment du foie à M. Rabuteau, qui obtint 250 milligrammes de cuivre, chiffre qui se rapproche de celui qu'avait obtenu le premier chimiste. Ces considérations suffisent pour montrer qu'il s'agit là d'un fait étudié avec soin et qui mérite d'être pris en sérieuse considération. »

M. L. **Hugo** adresse une Note intitulée : « Sur certains appareils à lentille construits par les anciens Égyptiens ».

M. S. **Grarritz** adresse une réclamation de priorité relative à la Communication de M. Goppelsroeder sur une cuve au noir d'aniline [1]. Cette réclamation sera appuyée par une Note détaillée dont M. Grarritz annonce l'envoi prochain à l'Académie.

M. E. **Reynier** demande et obtient l'autorisation de retirer du Secrétariat un Mémoire intitulé : « Nouveaux procédés hydrostatiques de déplacements compensateurs », Mémoire sur lequel il n'a pas été fait de Rapport.

A 4 heures trois quarts, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures trois quarts. J. B.

---

[1] *Comptes rendus*, 5 mars 1877.